

Aus der Klinik für Geburtsmedizin Campus Virchow- Klinikum  
der Medizinischen Fakultät Charité  
der Humboldt-Universität zu Berlin

## DISSERTATION

### **Einfluss der Ernährung auf das Blutzuckertagesprofil von gesunden Schwangeren, Schwangeren mit einer Impaired glucose tolerance und Gestationsdiabetikerinnen**

Eine prospektive Untersuchung mit Hilfe eines  
kontinuierlich messenden Glukosesensors

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von  
Kathrin Wohlfarth  
aus Münsingen

Dekan: Prof. Dr. med. J.W. Dudenhausen

Gutachter:       1. Prof. Dr. med. J.W. Dudenhausen  
                      2. Prof. Dr. med. K. Kainer  
                      3. Prof. Dr. med. H. Reiher

Datum der Promotion: 11.11.2002

## **Abstract:**

**Ziel:** In der vorliegenden Studie wurden kontinuierliche Blutzuckertagesprofile über 48 h bei Schwangeren unterschiedlicher Glukosetoleranz erhoben und mit der Ernährung zu häuslichen Bedingungen verglichen.

**Ergebnisse:** Bei den Gestationsdiabetikerinnen wurden statistisch signifikant länger Konzentrationen über 130 mg/dl gemessen als bei den gesunden Schwangeren. Keine Unterschiede ergaben sich in Bezug auf folgende Werte: Mittelwert, Zeitdauern mit Blutzuckerwerten < 50 mg/dl, >120 mg/dl, >140 mg/dl, >150 mg/dl. Periprandial wurden bei den Gestationsdiabetikerinnen und den Schwangeren mit IGT signifikant höhere Maximalwerte im Anschluss an die Mahlzeit gemessen, als bei gesunden Schwangeren. Keine Unterschiede ergaben sich hinsichtlich der Anfangswerte und der Area under the curve. In einigen Gruppen bestanden positive Korrelationen zwischen der Zufuhr von Disacchariden und Parametern der Glukosemessung, in der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen bestand eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Stärkekonsum und dem Mittelwert der Glukosemessung. Nach Mahlzeiten, deren Hauptkohlenhydratquelle mit einem höheren glykämischen Index nach Jenkins attribuiert war, fiel die Glukosereaktion größer aus, als bei Mahlzeiten mit niedrigem glykämischen Index.

**Zusammenfassung:** In dieser prospektiven Studie konnte mit Hilfe der Technik der kontinuierlichen Glukosemessung die Verbindung zwischen Blutzuckertagesprofil und Ernährungsgewohnheiten zu häuslichen- also nicht klinisch- artifiziellen- Bedingungen hergestellt werden.

Schlagworte: Gestationsdiabetes, Ernährung, Schwangerschaft, Glukosestoffwechsel, kontinuierliche Glukosemessung

## **Abstract:**

**Objective:** In the present study continuous glucose profiles in pregnant women with various levels of glucose tolerance were evaluated and compared with their diet in domestic conditions.

**Results:** In women with GDM significantly longer periods with glucose levels above 130 mg/dl were measured than in healthy women. No differences were assessed as to average glucose levels and periods with glucose levels < 50 mg/dl, >120 mg/dl, >140 mg/dl, >150

mg/dl. In pregnant women with gestational diabetes or impaired glucose tolerance higher maximum glucose levels after a meal were found than in healthy women. No differences were found as to glucose levels at the beginning of the meal and area under the curve. In some groups positive correlations were calculated between intake of disaccharides and the glucose measurement, in gestational diabetic women a negative correlation between intake of starch and the average of the glucose level was found. After meals in which the main carbohydrate source was attributed with a high glycemic index change of the glucose level was higher than after meals with a low glycemic index.

Conclusion: In the present prospective study we established the relation between glucose profiles measured by the method of continuous glucose monitoring and dietary habits in domestic conditions in pregnant women.

Keywords: Gestational diabetes, nutrition, pregnancy, glucose metabolism, continuous glucose monitoring

## Inhalt:

1	Einleitung	10
1.1	Der Kohlenhydratstoffwechsel bei Nichtschwangeren	10
1.2	Der Kohlenhydratstoffwechsel während der glukosestoffwechselgesunden Schwangerschaft	10
1.3	Diabetes mellitus und eingeschränkte Glukosetoleranz während der Schwangerschaft:	11
1.3.1	Definition und Epidemiologie des Gestationsdiabetes:	11
1.3.2	Pathophysiologie und Ätiologie	13
1.3.3	Diagnostik und Screening	14
1.3.4	Behandlung:	17
1.3.5	Auswirkungen des Diabetes mellitus in der Schwangerschaft:	17
1.3.5.1	Auswirkungen auf die Mutter	17
1.3.5.2	Auswirkungen auf das Kind	18
1.3.5.3	Auswirkungen auf die Plazenta	19
1.4	Ernährung	20
1.3.1	Ernährungsempfehlungen während der Schwangerschaft	20
1.4.1	Auswirkungen der Nahrung auf den Blutzuckergehalt	21
1.4.1.1	Längerfristige Auswirkungen	21
1.4.1.2	Postprandiale Auswirkungen	21
1.5	Methoden des kontinuierlichen Blutglukosemonitoring:	22
1.5.1	Kontinuierliche Glukosebestimmung aus venösen Proben unter stationären Bedingungen	22
1.5.2	Selbstständige Blutglukosemessung (SBGM)	23
1.5.3	Kontinuierlich messende subkutane Glukosesensoren	23
1.6	Fragestellungen der Arbeit:	24
2	Probandinnen, Material und Methoden	25
2.1	Überprüfung der ethischen Unbedenklichkeit	25
2.2	Probandinnen	25
2.2.1	Rekrutierung, Information und Einwilligung	25
2.2.2	Einschlusskriterien	25
2.2.3	Anamnese	25
2.2.3.1	Alter	25

2.2.3.2	Herkunftsländer	26
2.2.3.3	Ernährungsweise	26
2.2.3.4	Tabakkonsum und Schwangerschaftsanamnese	26
2.3	Blutzuckermessung	27
2.3.1	Oraler Glukosetoleranztest	27
2.3.2	Selbstständiges Monitoring (SBGM)	28
2.3.3	Kontinuierliche Blutzuckermessung	28
2.3.3.1	Messung	28
2.3.3.2	Auswertung der Messung	30
2.4	Ernährungserhebung	31
2.4.1	Protokolle	31
2.4.2	Auswertung der Ernährungsprotokolle	33
2.5	Statistik	34
2.5.1	Hardware	34
2.5.2	Software	34
2.5.3	Statistik	35
3	Ergebnisse	35
3.1	Probandinnen	35
3.1.1	Ein- und Ausschluss in das ausgewertete Kollektiv	35
3.1.2	Herkunft, anthropometrische Angaben, Lebensalter und Genussmittelkonsum	36
3.1.3	Laborparameter: oGTT, HbA1c und Blutfette	37
3.1.4	Angaben zur Schwangerschaft und zur Geburtenanamnese	37
3.1.5	Angaben zur Geburt und zum Kind	38
3.1.5.1	Geburtsart	38
3.1.5.2	Kindsdaten	38
3.1.5.3	Kindliche perinatale Komplikationen	39
3.2	Auswertung der Daten über einen Zeitraum von 48 Stunden	39
3.2.1	Glukosemessung über 48 Stunden	39
3.2.1.1	Mittelwert der Glukosemessung	40
3.2.1.2	Hypoglykämien	40
3.2.1.3	Hyperglykämien	41
3.2.1.4	Parameter der Glukosemessung bezogen auf die Kindsdaten	42

3.2.2	Ernährungserhebung über 48 Stunden	43
3.2.2.1	Energiezufuhr	43
3.2.2.2	Anzahl der Mahlzeiten	44
3.2.2.3	Verteilung der Makronährstoffe	45
3.2.2.4	Zufuhr von Kohlenhydraten	47
3.2.2.5	Zufuhr von Proteinen	49
3.2.2.6	Fettzufuhr	50
3.2.2.7	Zufuhr von Ballaststoffen	50
3.2.2.8	Zufuhr von in der Schwangerschaft oft kritischen	
Mikronährstoffen	51	
3.2.3	Zusammenhänge zwischen Nährstoffzufuhr und	
Glukoseprofil	53	
3.2.3.1	Energiezufuhr und Glukosemessung	53
3.2.3.2	Anzahl der Mahlzeiten und Glukosemessung	54
3.2.3.3	Glukosemessung und Kohlenhydratzufuhr	55
3.2.3.4	Proteinzufuhr und Glukosemessung	60
3.2.3.5	Fettzufuhr und Glukosemessung	61
3.2.3.6	Ballaststoffzufuhr und Glukosemessung	63
3.3	Auswertung einer einzelnen gemischten Mahlzeit und ihrer	
Glukosereaktion	64	
3.3.1	Kurze Beschreibung des Kollektivs	64
3.3.2	Reaktion des Glukoseprofils	64
3.3.2.1	Zeitpunkt der Mahlzeit	64
3.3.2.2	Anfangs- und Höchstwerte der periprandialen	
Glukosemessung	65	
3.3.2.3	Area under the curve	66
3.3.2.4	Parameter der Glukosemessung bezogen auf die Kindsdaten	67
3.3.3	Nährgehalt der Mahlzeit	68
3.3.3.1	Der Brennwertgehalt	68
3.3.3.2	Kohlenhydratgehalt	69
3.3.3.3	Proteingehalt	71
3.3.3.4	Fettgehalt	72
3.3.3.5	Ballaststoffgehalt	73

3.3.4	Zusammenhänge zwischen Nährstoffzufuhr und Glukosereaktion bei einer einzelnen gemischten Mahlzeit	74
3.3.4.1	Energiegehalt und Glukosereaktion	74
3.3.4.2	Kohlenhydratgehalt und Glukosereaktion	75
3.3.4.3	Proteingehalt und Glukosereaktion	79
3.3.4.4	Fettgehalt und Glukosereaktion	79
3.3.4.5	Ballaststoffgehalt und Glukosereaktion	80
4	Diskussion der Ergebnisse	80
4.1	Methodik und Fehlerquellen	80
4.1.1	Kontinuierliche Glukosemessung	80
4.1.2	Statistische Auswertung der Glukosemessung	81
4.1.2.1	Mittelwert über 48 h	81
4.1.2.2	Zeitdauer der Hypo- und Hyperglykämien	81
4.1.2.3	Periprandiale Anfangs- und Höchstwerte	82
4.1.2.4	Area under the curve	82
4.1.3	Ernährungserhebung	83
4.1.4	Statistische Zusammenhänge zwischen Glukosemessung und Ernährung	83
4.2	Probandinnen	84
4.2.1	Herkunft, anthropometrische Angaben, Lebensalter und Tabakkonsum	84
4.2.1.1	Herkunft	84
4.2.1.2	Alter	84
4.2.1.3	Gewicht, Body- Mass- Index und Gewichtszunahme	85
4.2.1.4	Tabakkonsum	85
4.2.2	Laborparameter	86
4.2.2.1	OGTT- Werte	86
4.2.2.2	HbA1c	87
4.2.2.3	Fettwerte	87
4.2.3	Schwangerschafts- und Geburtenanamnese	88
4.2.3.1	Geburt	88
4.2.3.2	Kindsdaten	89
4.2.3.3	Kindliche Komplikationen	89



4.3	Glukosemessung	90
4.3.1	Mittelwert der Glukosemessung	90
4.3.2	Hypo- und Hyperglykämien	91
4.3.3	Anfangs- und Höchstwerte der periprandialen	
Glukosemessung	91	
4.3.4	Area under the curve	92
4.3.5	Zusammenhänge zwischen Kindsgewicht und	
Glukosemessung	92	
4.4	Ernährung	93
4.4.1	Energiezufuhr	94
4.4.2	Anzahl der Mahlzeiten	95
4.4.3	Kohlenhydratzufuhr	96
4.4.4	Proteinzufuhr	97
4.4.5	Fettzufuhr	98
4.4.6	Ballaststoffzufuhr	99
4.4.7	Mikronährstoffe	99
4.4.8	Der Nährgehalt der einzelnen untersuchten Mahlzeit	100
4.5	Zusammenhang zwischen Glukosemessung und Ernährung	101
4.5.1	Längerfristige Zusammenhänge über 48 h	101
4.5.1.1	Einfluss der Energiezufuhr	102
4.5.1.2	Einfluss der Anzahl der Mahlzeiten	102
4.5.1.3	Einfluss der Kohlenhydratzufuhr	103
4.5.1.4	Einfluss der Proteinzufuhr	104
4.5.1.5	Einfluss der Fettzufuhr	105
4.5.1.6	Einfluss der Ballaststoffzufuhr	105
4.5.2	Postprandiale Zusammenhänge	106
4.5.2.1	Einfluss der Energiezufuhr	106
4.5.2.2	Einfluss der Kohlenhydratzufuhr	106
4.5.2.3	Einfluss der Proteinzufuhr	107
4.5.2.4	Einfluss der Fettzufuhr	108
4.5.2.5	Einfluss der Ballaststoffzufuhr	108
4.5.3	Zusammenfassung	108
5	Literaturverzeichnis	110

# **1 Einleitung**

## **1.1 Der Kohlenhydratstoffwechsel bei Nichtschwangeren**

Die Glukosekonzentration im Blut des Menschen schwankt zwischen 80 und 120 mg/dl (venöses Plasma). Diese relativ konstante Konzentration, auch unabhängig davon ob Nahrung aufgenommen wurde, wird durch ein Gleichgewicht von glukose- liefernden und glukoseverbrauchenden Reaktionen erreicht.

Die glukoseliefernden Reaktionen Glykogenolyse und Glukoneogenese werden bei Nahrungskarenz oder Stress durch Katecholamine, Glukagon und Glukocorticoide stimuliert. Bei einem Anstieg der Glukosekonzentration wird die Insulinausschüttung angeregt, was kurzfristig zu einer vermehrten Glukoseaufnahme in Muskel- und Fettzellen durch den Einbau von GLUT 4- Transport- Proteinen und langfristig zu einer Hemmung der Glykogeno- und Lipolyse und der Glukoneogenese, sowie einem Anstieg der Glykolyse durch eine vermehrte Induktion von Glukokinase, Phosphofruktokinase, Pyruvatkinase und Fettsäuresynthase führt (nach Löffler, Petrides 1997).

## **1.2 Der Kohlenhydratstoffwechsel während der glukosestoffwechselgesunden Schwangerschaft**

Im Vergleich zu nichtschwangeren zeigen schwangere Frauen einen veränderten Kohlenhydratstoffwechsel. Jovanovic- Peterson und Peterson stellten 1996 den Stellenwert dieser Veränderungen wie folgt dar:

Pregnancy represents a severe stress test of carbohydrate tolerance, perhaps the most severe test for diabetes that a woman will experience in her entire life.

Schwangere weisen postprandial einen höheren Blutglucosespiegel auf als Nichtschwangere oder sie selbst vor ihrer Schwangerschaft (Catalano 1993, Phelps 1981), während ihre Nüchternblutzuckerwerte im Vergleich dazu niedriger liegen (Feige 1984, Catalano 1992).

Schon nach einer kurzen Fastenperiode wiesen Schwangere eine fünffach höhere Konzentration an  $\beta$ - Hydroxybuttersäure auf als nichtgravide Vergleichsgruppen (Kalhan 1979) und die endogene hepatische Glukoseproduktion nimmt mit fortschreitender Schwangerschaft zu (Kalhan 1979, Catalano 1992).

Im Laufe der Schwangerschaft ändert sich die Insulinausschüttung. In der frühen

Schwangerschaft ist der Nüchterninsulinspiegel erniedrigt und in der Spätschwangerschaft erhöht. Die Insulinausschüttung nach Glukosebelastung steigt, sowohl in der ersten, als auch in der zweiten Phase an (Kühl 75, Buchanan 1990, Catalano 1991, 1993).

Gleichzeitig nimmt die Insulinsensitivität der Schwangeren um bis zu 50- 60 % ab (Buchanan 1990, Catalano 1991).

Freinkel postulierte 1964 und 1973 (nach Freinkel 1980) eine Theorie, nach der die Schwangere im dritten Trimenon einen Zustand der „accelerated starvation“ (beschleunigter Hungerstoffwechsel) und eines „faciliated anabolism“ (erleichterter Anabolismus) erreicht.

Die Theorie der „accelerated starvation“ besagt, dass der mütterliche Stoffwechsel dem Feten einen kontinuierlichen Zustrom von Glukose und Aminosäuren verschafft, indem die Mutter ihren eigenen peripheren Glukoseverbrauch einschränkt (Insulinresistenz) und sich aus Reaktionen Energie verschafft, die dem Hungerstoffwechsel angehören, wie z. B. der Lipolyse und Ketogenese (Freinkel 1980, Herrera 1991).

Nach der Aufnahme von Nährstoffen wird nach der Theorie des „faciliated anabolism“ die fetale Aufnahme von Glukose- und damit der fetale Anabolismus- dadurch erleichtert, dass postprandial längere Hyperglykämien bestehen, die durch eine Hypertriglycerinämie noch verstärkt werden, da die Fette mütterlicherseits als Substrat verwendet werden können. Ein verstärkter Anabolismus der Mutter in dieser Phase schafft die Basis für einen erleichterten Katabolismus in Nüchternphasen (Freinkel 1980, Herrera 1991).

Während vor 30 Jahren vor allem Cortisol und Progesteron für den veränderten Stoffwechsel während der Schwangerschaft verantwortlich gemacht wurden (Kalhoff 1970), wird heute angenommen, dass die Stoffwechselveränderungen durch das Zusammenspiel der verstärkten Ausschüttung von Prolaktin (Sorenson 1993) und/ oder humanem plazentärem Laktogen (Nielsen 1986) und Progesteron (Sorenson 1993) bedingt sind.

### **1.3 Diabetes mellitus und eingeschränkte Glukosetoleranz während der Schwangerschaft:**

#### **1.3.1 Definition und Epidemiologie des Gestationsdiabetes:**

Laut einer Definition der WHO gilt Gestationsdiabetes (GDM) als Glukoseintoleranz, die

in einer Hyperglykämie mündet, die während der Schwangerschaft erstmalig festgestellt wird:

Gestational diabetes is carbohydrate intolerance resulting in hyperglycaemia of variable severity with onset or first recognition during pregnancy. The definition applies irrespective of whether or not insulin is used for treatment or the condition persists after pregnancy.

(KGMM Alberti, PZ Zimmet for the WHO Consultation 1998)

Als eingeschränkte Glukosetoleranz (impaired glucose tolerance: IGT) wird ein Zustand des Glukosestoffwechsels bezeichnet, der zwischen einem Diabetes und einer normalen, gesunden Glukosetoleranz liegt (Alberti 1998). Eine eingeschränkte Glukosetoleranz kann ebenfalls während einer Schwangerschaft auftreten.

Die sehr weitgefasste Definition des Gestationsdiabetes macht es schwer, verlässliche epidemiologische Daten über Gestationsdiabetes zu erhalten, da dieser in verschiedenen Perinatal- Zentren nach unterschiedlichen Kriterien diagnostiziert wird. Die Daten, zu seiner Prävalenz schwanken zwischen 0,15% (Lind 1983 zitiert nach Hadden 1985) und 13,6% (Kleinwechter 2000). Da der Gestationsdiabetes häufig symptomlos verläuft, sind unterschiedliche Prävalenzraten auch eine Frage des durchgeführten oder nicht durchgeführten Screenings.

Die Rolle der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Rasse hinsichtlich der Inzidenz von GDM wird diskutiert. Nach Green und Koukkou weisen Asiatinnen, Afrikanerinnen, Frauen aus Mittelmeeranrainerstaaten eine höhere Inzidenz als weiße Frauen auf (Green 1990, Koukkou 1995). Englgau kam im Gegensatz dazu zu dem Ergebnis, dass das statistische Risiko an GDM zu erkranken unter Berücksichtigung des Alters und des Körpergewichts keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Rasse und Ethnizität aufweist (Englgau 1995).

Auch die Lebensumstände scheinen eine Rolle zu spielen. So weisen Asiatinnen in verschiedenen amerikanischen und europäischen Studien eine deutlich höhere Häufigkeit für GDM auf, als der Durchschnitt der in der Studie untersuchten Bevölkerungsgruppen (Green 1990, Koukkou 1995), während sie in Studien in ihren Heimatländern eine annähernd gleich hohe oder sogar niedrigere Prävalenz aufweisen (Akhter 1996, Ramachandran 1994).

Tab. 1: Unterschiedliche Daten aus der Literatur zur Prävalenz des GDM:

	Jahr	Ort	Prävalenz	N	Kriterium
Lind	1983	Newcastle	0,15%		
Ramachandran	1994	Süd- Indien	0,6%	1036	WHO
McMahon	1998	Nova Scotia	0,7%	121082	ACOG
Akhter	1996	Karachi	3,3 %	6830	WHO
Engelgau	1995	USA	3,5%	3909510	Fragebogen
Bühling	1997	Berlin	6,8%	1416	O' Sullivan/ Mahan
Rodrigues	1999	Québec	11,6% 5,3%	Cree: 402 Non- Native: 7718	NDDG
Mestman	1971	Los Angeles	12,3%		
Kleinwechter	2000	Schleswig- Holstein	13,6 %	1608	Weiss

Epidemiologische Daten über das Ausmaß einer eingeschränkten Glukosetoleranz in der Schwangerschaft sind nicht vorhanden.

### 1.3.2 Pathophysiologie und Ätiologie

Manche Frauen reagieren auf die unter 1.2 beschriebenen Stoffwechselveränderungen mit einem Gestationsdiabetes.

Im Vergleich zu glukosestoffwechselgesunden Schwangeren haben diese einen erhöhten Nüchternglukose- und Insulinspiegel und nach Glukosebelastung höhere Glukosekonzentrationen im Blut. In der späten Schwangerschaft stellen sich eine stark erhöhte Plasmainsulinkonzentration und eine verzögerte Insulinantwort ein. (Catalano 1993, Buchanan 1990, Freinkel 1985). Ihre Insulinsensitivität wird als verringert beschrieben (Buchanan 1990, Catalano 1993). Friedmann konnte im Skelettmuskelgewebe von Gestationsdiabetikerinnen in vitro unter maximaler Insulingabe eine im Vergleich zu Nichtschwangeren und nichtdiabetischen Schwangeren erniedrigte Tyrosinphosphorylierung des Insulinrezeptors IRS-1 feststellen (Friedmann 1999) und Garvey eine veränderte Lokalisation der GLUT 4- Transporters auf Adipozyten (Garvey 1993).

Immer wieder wurde die Frage der Autoimmunität in Bezug auf Gestationsdiabetes diskutiert. Freinkel konnte 1985 eine erhöhte Konzentration an HLA- DR3 und HLA- DR4 feststellen. Auch von erhöhten Konzentrationen an Inselzellantikörpern wurde wiederholt berichtet (Freinkel 1985, Mauricio 1992, Damm 1994).

Es gibt aber auch entgegengesetzte Ergebnisse: Dozio konnte 1997 keine signifikanten Erhöhungen für ICAs, IAAs, GAD-65-Aks oder IA-2-Aks feststellen. Es ist wahrscheinlich, dass diese neuen Ergebnisse durch sensitivere Analyseverfahren entstehen.

### 1.3.3 Diagnostik und Screening

Gestationsdiabetes hat keine für die Patientin direkt wahrnehmbare Symptomatik. Deshalb ist es nötig, Patientinnen durch ein Screening selektiv der weiteren Diagnostik zuzuführen.

Das Screening betreffend gibt es verschiedene Ansätze:

- **Nach Risikofaktoren:** Nur Personen, die bestimmte Risikofaktoren aufweisen werden einer weiteren Diagnostik zugeführt. Dies können sein: Alter > 25 Jahre, Teil einer ethnischen Gruppe mit bekannter hoher Prävalenz für GDM, Adipositas oder positive Familienanamnese. Selektives Screening wurde 1998 von der Fourth Workshop-Conference on Gestational Diabetes Mellitus empfohlen (Metzger 1998). Williams (1999) und Griffin (2000) stellten fest, dass beim selektiven Screening insgesamt weniger Patientinnen erfasst werden, als beim universellen Screening. Jovanovic-Peterson und Peterson gingen noch weiter und schlugen vor, dass jede Frau im gebärfähigen Alter auf Diabetes hin untersucht werden sollte um Hyperglykämien im ersten Trimenon vorzubeugen (1985).
- **Blutuntersuchungen auf glykosylierte Proteine:** Roberts konnte 1983 für erhöhte Fruktosaminspiegel eine Sensitivität von 85% feststellen. Spätere Studien (Nasrat 1990, Bor 1999) konnten allerdings nur noch eine Sensitivität von 50% bzw. 47% feststellen und lehnen die Fruktosaminbestimmung ab. Ähnlich sieht es bei der Bestimmung von Glukohämoglobinen aus: Während sie sich bei der Diagnostik längerfristiger Diabetes mellitus- Formen bewährt hat, hat sie in Bezug auf GDM einen relativ kleinen Aussagewert. (Shah 1982, Artal 1984, Cousins 1984, Brustmann 1987).
- **Glukosurie:** Tests auf Glukosurie werden in ambulanten Bereich oft als Screening durchgeführt. Dieses Verfahren hat den Vorteil der geringen Belastung der Patientin, es verfügt allerdings nur über eine sehr geringe Sensitivität: So stellte Lind bei 50% aller von ihm studierten Schwangeren eine Glukosurie fest (Lind 1984, zitiert nach Garner 1995 und Carr 1998). Eelze fand bei 8 % der von ihm untersuchten Gestationsdiabetikerinnen, aber auch bei 4 % der gesunden Schwangeren eine Glukosurie (Eelze 2001).
- **Bestimmung der Blutglucose zu bestimmten Zeitpunkten:** Die Blutglucose wird entweder nüchtern (Sacks 1992) oder zufällig (Stangenberg 1985) bestimmt. Diese

Tests haben den Vorteil, dass für die Patientinnen keine Wartezeiten entstehen, sie sind außerdem kostengünstiger als die oralen Toleranztests. Der Nachteil besteht in einer höheren Falsch- Negativ- Rate.

- **Glukose- Belastungs- Tests:** 1973 wurde von O' Sullivan und Mahan ein 50g Glukse- Belastungstest mit einem Grenzwert von 7,8 mmol/ l (136 mg/ dl) nach einer Stunde vorgeschlagen. In den folgenden Jahren wurde dieses Verfahren weiter verbessert. Jovanovic und Peterson stellten (bei einem Grenzwert von 150 mg/ dl) 1985 fest, dass der aussagekräftigste Zeitpunkt für ein 50g- Screening zwischen der 27. und 31. SSW liegt. Die Deutsche Diabetes – Gesellschaft empfiehlt ein Screening zwischen der 24. und der 28. Schwangerschaftswoche mit einem Grenzwert von 140 mg/dl (DDG 1992) bzw. einen 75 g- oGTT (DDG 2001).

Die Diagnosestellung des GDM erfolgt mit Hilfe eines Glukose- Toleranz- Tests (GTT). Hierzu nimmt die Patientin eine definierte Menge Glukose zu sich; anschließend wird, nachdem eine bestimmte Zeit verstrichen ist, der Blutglukosegehalt bestimmt und mit Grenzwerten verglichen.

Dabei gibt es in folgenden Punkten Kontroversen:

- **Die Menge der aufgenommenen Glucose:** Diskutiert werden 75 g (Alberti 1998 (WHO)); 85 g (Deutsche Diabetes Gesellschaft 1992), 100 g (O'Sullivan/ Mahan 1964 und sich darauf beziehend NDDG 1979).
- **Der oder die Zeitpunkte der Messung:** Beim 100g- Test wird meist über einen Zeitraum von 3 Stunden jede Stunde und zu Beginn des Tests gemessen, beim 75g- Test werden nach den Kriterien der WHO nüchtern und nach zwei Stunden gemessen, nach den Kriterien der DDG nüchtern, nach einer Stunde und nach zwei Stunden.
- **Der Ort der Blutentnahme und die Art der Verwendung:** O'Sullivan und Mahan verwendeten 1964 venöses Vollblut, dies wurde 1979 von der National Diabetes DATA Group in venöses Plasma umgerechnet, die Deutsche Diabetes Gesellschaft empfiehlt venöses Plasma oder kapillares Vollblut.
- **Die Technik der Glukosebestimmung:** 1964 wurde die Somogyi- Nelson- Methode verwendet, die andere Substanzen als Glukose eliminieren sollte, heute werden die Hexokinase- oder die Glukoseoxidasemethode als „golden standard“ angesehen.
- **Die Höhe der Grenzwerte:**

Tab. 2: Verschiedene Grenzwerte zur Diagnosestellung eines GDM:

	Glucosemenge	Art der Probe	Grenzwerte	Bestimmung
O'Sullivan/ Mahan	100g	venöses Vollblut	90/165/145/125	Somogyi- Nelson
Carpenter/ Coustan	100g	venöses Plasma	95/180/155/140	Hexokinase
National Diabetes Data Group	100g	venöses Vollblut venöses Plasma kapilläres Vollblut	90/170/145/125 105/190/165/145 90/170/145/125	Hexokinase
WHO	75 g	venöses Vollblut venöses Plasma kapilläres Vollblut	110/-/180 126/-/200 110/-/200	Hexokinase
Deutsche Diabetes Gesellschaft	75 g	venöses Plasma kapilläres Vollblut	95/180/155 90/180/155	Hexokinase
Klinik für Geburtsmedizin CVK der Charité Berlin, in Anlehnung an O'Sullivan/Mahan	75g	kapilläres Vollblut	90/165/145	Hexokinase

Der orale Glukosetoleranztest ist an sich nicht unumstritten. Backx verglich ihn 1989 mit einem selbstgemessenen Glukosetagesprofil und bescheinigte ihm einen geringen Voraussagewert für eine Hyperglykämie während der Schwangerschaft. In ihrer Studie war das Glukosetagesprofil in 28% der Fälle eines positiven oGTTs normal. (Wobei kritisch angemerkt werden muss, dass sie nicht beschreibt, ob die Patientinnen ihre Ernährung während der Erhebung des Glukoseprofils umgestellt hatten.)

Der orale Glukosetoleranztest nach O'Sullivan/ Mahan ist oft dafür kritisiert worden, dass er als Hauptziel späteren Diabetes mellitus der Mutter vorhersagen will, sich aber nicht auf die Gesundheit des Kindes bezieht. Peterson untersuchte 1993 den oGTT im Vergleich zum Tagesprofil in Bezug zum Vorhersagewert für das „fetal outcome“. Auch hier schnitt das Tagesprofil besser ab (Peterson 1993). Mit der Möglichkeit, das Tagesprofil kontinuierlich zu messen, eröffnen sich daher interessante Fragestellungen.

Auch das Konzept des Grenzwertes an sich ist umstritten, da sich immer mehr zeigt, dass mit den kontinuierlich erhöhten Werten auch das Risiko kontinuierlich ansteigt (Akhter 1996, Sermer 1995). Sermer kommentierte das Grenzwert- Prinzip folgendermaßen:

The criteria are also conceptually questionable in that they impose an arbitrary dichotomous definition of *normal* and *abnormal* on gestational glucose tolerance, when risk of abnormal maternal- fetal outcome and later diabetes mellitus should logically increase with higher values on the oral GTT.



### 1.3.4 Behandlung:

Die Behandlung des Gestationsdiabetes erfolgt in erster Linie über Ernährungsumstellung sowie Bewegungstherapie. Eine fundierte wissenschaftliche Untersuchung des Einflusses von Ernährungsfaktoren und – gewohnheiten auf das Blutzuckertagesprofil von Schwangeren und Gestationsdiabetikerinnen ist daher unabdingbar.

Als Diät werden meist für adipöse Frauen 25 kcal/ kg Körpergewicht, für leicht übergewichtige Frauen 30 kcal/ kg Körpergewicht und für schlanke Frauen 35 kcal/kg Körpergewicht vorgeschlagen. Davon sollten 50-55 % aus Kohlenhydraten, 20-30% aus Fetten und 15- 25 % aus Proteinen bestehen (O. Langer 1991, Mazze 1993 und McFarland 1999). Jovanovic- Peterson und Peterson konnten 1991 bei einer kleinen Gruppe von Gestationsdiabetikerinnen die durch Diät und regelmäßige (3 Mal/Woche 20 min) Arbeit am Arm- Ergometer therapiert wurden, signifikant niedrigere Nüchtern- und postprandiale Blutzuckerwerte feststellen.

Der Erfolg der Therapie wird meist mit Hilfe eines selbstgemessenen Blutzuckertagesprofils bestimmt. Dabei sollte der Tagesmittelwert je nach Autor 100 mg/ dl (Deutsche Diabetes Gesellschaft 1992), 105 mg/dl (McFarland 1999), 120 mg/ dl (R. Mazze 1993) nicht überschreiten.

Die International Workshop- Conferences on GDM 1980 und 1985 empfahlen nüchtern Glucose- Werte von 105 mg/dl oder postprandiale Werte (2h) von 120 mg/dl.

Werden diese Werte überschritten, wird die Gabe von Insulin empfohlen.

Außerdem wird empfohlen, betroffene Frauen nach ihrer Schwangerschaft auf Glucoseintoleranz zu untersuchen, da bei Gestationsdiabetikerinnen das Risiko erhöht ist, später einen Typ 2- Diabetes mellitus zu entwickeln.

### 1.3.5 Auswirkungen des Diabetes mellitus in der Schwangerschaft:

#### *1.3.5.1 Auswirkungen auf die Mutter*

Diabetische Schwangere haben ein erhöhtes Risiko für Infektionen des Urogenitalsystems, wie Harnwegsinfekte (McMahon 1998), asymptomatische Bakteriurie und Candidamykosen (Martius 1996).

Mehrere Autoren berichten, dass das Risiko für Schwangerschaftshypertonie und

Präeklampsie stark ansteigt (Joffe 1998, McMahon 1998, Casey 1997, Akhter 1996, Suhonen und Teramo 1993, Goldmann 1991, Garner 1990). Jacobson und Cousin konnten dies allerdings in ihrer prospektiven Studie an 2272 kanadischen Frauen nicht feststellen (Jacobson 1989).

Das Risiko für Polyhydramnion ist stark und das für Oligohydramnion leicht angestiegen (Akhter 1996).

Außerdem kam es bei diabetischen Schwangeren vermehrt zu Uterusblutungen ungeklärter Ursache. (McMahon 1998)

Akhter studierte retrospektiv 223 Schwangerschaften mit GDM in Karachi und teilte diese je nach Grad der Kontrolle des Glukosespiegels in die Gruppen exzellente, moderate und unzureichende Glukose- Kontrolle ein. Er konnte eine Korrelation zwischen der Verminderung der Kontrolle und dem Anstieg der Raten für Präeklampsie und Polyhydramnion feststellen.

Die Sektiorate ist bei Diabetikerinnen höher als bei kohlenhydratgesunden Schwangeren; auch die Rate anderer geburtshilflicher Komplikationen- wie z.B. einer Schulterdystokie- ist erhöht (Landon 1985, Akhter 1996, Casey 1997, Nordlander 1989).

#### *1.3.5.2 Auswirkungen auf das Kind*

Bei Neugeborenen diabetischer Mütter wurden vermehrt Hypoglykämien und Hyperbilirubinämien festgestellt (Jacobson und Cousins 1989, Suhonen und Teramo 1993).

Die Kinder sind häufiger als die normale Population makrosom. Aber auch Wachstumsretardierungen wurden beschrieben (Bérard 1998, Casey, McMahon, Akhter, Langer 1991, Jacobson und Cousins, Modanlou 1980). Vor allem die Makrosomie führt zu geburtshilflichen Komplikationen.

Van Assche konnten am Tiermodell zeigen, dass eine milde Form des mütterlichen Diabetes zu Makrosomie und eine starke Form des Diabetes zu Wachstumsretardierung führt. Bei beiden Gruppe zeigte sich eine Beta- Zell- Hypertrophie und -Hyperplasie, sowie im Erwachsenenleben Hypertonie und Gefäßprobleme sowie Gestationsdiabetes (van Assche 1998).

Dies deckt sich damit, dass im Nabelschnurblut von Neugeborenen mit Gestationsdiabetes erhöhte C- Peptid- Werte festgestellt wurden (Freinkel 1985).

Insulinpflichtiger Diabetes während einer Schwangerschaft wird mit Missbildungen des Kindes assoziiert (Beccera 1990, Molsted- Pedersen 1964). Kousseff konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von GDM Class A und teratogenen Ereignissen erkennen (Koussef 1999).

### *1.3.5.3 Auswirkungen auf die Plazenta*

Im Tierexperiment mit Streptozocin- induziertem Diabetes bei Ratten waren die Plazenten diabetischer Mütter schwerer als die nichtdiabetischer (Thomas 1990, Boileau 1995).

Thomas stellten für das Tiermodell Ratte eine erhöhten Glukosetransport sowohl von der maternalen zur fetalen Seite, als auch umgekehrt fest. Er vermutet, dass dadurch ein Teil der überflüssigen Glukose zurückgegeben oder in der Plazenta gelagert wird (Thomas 1990).

Die Transporter GLUT 1 und GLUT 3 waren auf den Plazenten des Menschen und der Ratte festzustellen (Mueckler 1985, Sheperd 1988, Kayano 1990, Boileau 1995). GLUT 3 ist für die Grundversorgung der Zellen mit Glukose verantwortlich und transportiert diese mit konstanter Geschwindigkeit (Stryer 1996, S. 529). Boileau stellte bei Ratten mit STZ- induziertem Diabetes eine Überexpression des Glukosetransporters GLUT 3 sowohl auf die mRNA, als auch das Protein bezogen fest. Die Überexpression war bei Ratten mit erniedrigtem Blutzuckerspiegel geringer, bei Kontrolltieren an der Euglycemic Hyperinsulinemic Clamp gar nicht festzustellen. Die Expression von GLUT 3 scheint also vor allem vom Blutzuckerspiegel abzuhängen. Für den GLUT 1 konnte er keine signifikanten Unterschiede feststellen.

In den Plazenten diabetischer Ratten wurden erhöhte Glykogenreserven festgestellt (Abramici 1978, Boileau 1995).

Thomas stellte einen verminderten uteroplacentalen Blutfluss bei diabetischen Ratten zur Hypothese (Thomas 1990).

## 1.4 Ernährung

### 1.3.1 Ernährungsempfehlungen während der Schwangerschaft

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt Schwangeren, bei der Ernährung besonders auf folgendes zu achten:

- **2200 kcal (DGE) durchschnittlich:** Der Mehrbedarf an Energie während der Schwangerschaft beträgt ca. 100- 150 kcal pro Tag (Durnin 1991 und DGE 2000)
- **mehr Proteine, als vor der Schwangerschaft:** Der Mehrbedarf an Eiweiß beträgt ca. 10 g pro Tag (DGE 2000)
- **Eisen:** Der Bedarf an Eisen verdoppelt sich. Es wird von einem Zusammenhang zwischen niedrigen Hämoglobinkonzentrationen und niedrigem Geburtsgewicht (Hemminki 1991), frühzeitigem Geburtstermin (Murphy 1986) und niedrigen APGAR –Werten (Preziosi 1997) ausgegangen (zitiert nach Allen 2000).
- **Folsäure:** Der Bedarf an Folsäure verdreifacht sich. Folsäure wird für die Synthese der DNA benötigt. Folsäuremangel wird mit einem erhöhten Risiko für Plazentaablösung und Spontanaborte (Hibbard 1975), sowie neuronalen Defekten des Feten (Wald 1997) in Zusammenhang gebracht (zitiert nach Scholl 2000).
- **Mineralstoffe:** Schwangeren wird außerdem eine ausreichende Zufuhr von Kalzium und Jod empfohlen.

Auch in Publikationen, die sich an die Schwangeren selbst wenden, wird in praktisch allen Veröffentlichungen auf die ausreichende Versorgung mit den Mikronährstoffen Kalzium, Eisen, Jod und Folsäure Wert gelegt, sowie auf die Tatsache, dass die zusätzliche Energiezufuhr während der Schwangerschaft 300 Kilokalorien nicht überschreiten soll (Infosystem Ernährung auf der Homepage der Universität Hohenheim 30.08.2000, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Forschungsinstitut für Kinderernährung Dortmund 1996, Infoheft der Barmer Ersatzkasse o. J.).

Auf die Gefahr des Gestationsdiabetes und der Möglichkeit seiner Einschränkung durch die Ernährung wurde nur in einer der untersuchten, sich an Schwangere wendenden Veröffentlichungen hingewiesen (Ratgeber Schwangerschaft und Stillzeit des Deutschen Reform- Verlags o.J.).

### 1.4.1 Auswirkungen der Nahrung auf den Blutzuckergehalt

Die Ernährung beeinflusst zum einen direkt die postprandialen Blutzuckerkonzentrationen, zum anderen hat sie auch längerfristige Auswirkungen auf den Glukosestoffwechsel.

#### 1.4.1.1 Längerfristige Auswirkungen

Als Einflussfaktoren der Ernährung, die eine mittel- bis längerfristige Auswirkung auf den Glukosestoffwechsel haben, werden diskutiert: Energiezufuhr (Magee 1990), Anzahl der täglich konsumierten Mahlzeiten (Jenkins 1989), Menge und Art der zugeführten Kohlenhydrate (Fukagawa 1990, Daly 1998, Stratznicky 1999, Larsson 1999), Protein-, Fett- und Ballaststoffzufuhr (Fukagawa 1990, Too 1998, Stratznicky 1999).

Tab. 3: Wichtige Publikationen zur längerfristigen Auswirkungen der Ernährung auf den Glukosestoffwechsel. Als Endpunkt wurde der Wert angegeben, der der Methodik der vorliegenden Arbeit am nächsten kommt

Einflussfaktor	Publikation	Kollektiv	n	Dauer (d)	Diät	Endpunkt und Ergebnis
Energie	Magee 1990	Adipöse GDM	12	7	1. 2400 kcal/d 2. 1200 kcal/d	<u>24 h- Glukoseprofil (MW)</u> 1. $6,8 \pm 0,8$ mmol/l 2. $5,4 \pm 0,5$ mmol/l $p < 0,001$
Frequenz der Mahlzeiten	Jenkins 1989	Gesunde Männer	7	14	1. 3 Mahlzeiten/d 2. 17 Mahlzeiten/d	<u>24 h- Glukoseprofil (MW)</u> 1. $5,5 \pm 0,1$ mmol/l 2. $5,3 \pm 0,2$ mmol/l Unterschied n.s.
Kohlenhydrate & Ballaststoffe	Fukagawa 1990	Gesunde Männer & Frauen	12	21- 28	1. 136 g Proteine, 304 g KH 143 g Fett, 15 g Ballaststoff 2. 138 g Proteine, 538 g KH 49 g Fett, 88 g Ballaststoff	<u>Glucose- disposal</u> 1. $18, 87 \pm 1,7$ $\mu$ mol/kg*min 2. $23, 87 \pm 2,8$ $\mu$ mol/kg*min
Art der KH	Daly 1998	Gesunde Männer & Frauen	8	1	1. 260 g stärkereiche KH 2. 271 g saccharosereiche KH in gemischten Mahlzeiten	<u>AUC</u> 1. $6780 \pm 245$ mmol/l*min 2. $6290 \pm 283$ mmol/l*min $p < 0,001$ BZ < Fastenwert 1. 0 Mal 2. 3 Mal
Fett und KH	Stratznicky 1999	Gesunde Männer	14	14	1. 43 % Fett, 40 % KH 2. 25 % Fett, 56 % KH	<u>IvGTT (AUC)</u> 1. $1204 \pm 106$ mmol/l*min 2. $1111 \pm 101$ mmol/l*min Unterschied n.s.

#### 1.4.1.2 Postprandiale Auswirkungen

Als Faktoren für die Konsequenzen einer gemischten Mahlzeit für den Blutzuckerspiegel wurden untersucht: Art und Menge der Kohlenhydrate (Peterson 1991, Daly 1998), Darbietung der Kohlenhydrate oder glykämischer Index (Jenkins 1981, Järvi 1995, Clapp 1998) sowie Protein-, Fett- und Ballaststoffgehalt (Spiller 1987, Latgé 1994, Bourdon

1998).

Tab. 4: Wichtige Publikationen zur postprandialen Auswirkung der Ernährung auf die Glukosekonzentration. Als Endpunkt wurde der Wert angegeben, der der Methodik der vorliegenden Arbeit am nächsten kommt

Einflussfaktor	Publikation	Kollektiv	n	Dauer post-prandial	Methodik	Endpunkt und Ergebnis
Kohlenhydrate	Peterson 1991	GDM 32.- 36. SSW	14	1h	Ernährungsprotokoll bei 24 kcal/kg KG	<u>Korrelation 1 h- SBGM/ KH</u> Frühstück: r: 0,75, p: 0,002 Mittag: r: 0,86, p: 0,001 Abendbrot: r: 0.95, p: 0.001
Form der KH (Glykämischer Index)	Järvi 1995	Männer & Frauen, Typ 2- DM	10	2 h	1. Pasta aus Hartweizengrieß und ganzer Apfel 2. Brot aus Hartweizengrieß und pürierter Apfel in gemischter Mahlzeit	<u>AUC</u> 1. $95 \pm 51$ mmol/l*min 2. $146 \pm 48$ mmol/l*min p< 0,005
Protein	Spiller 1987	Gesunde Männer & Frauen	14	2 h	1. 0,0 g Protein & 58 g KH 2. 15,8 g Protein & 58 g KH 3. 25,1 g Protein & 58 g KH 4. 33,6 g Protein & 59 g KH 5. 49,9 g Protein & 58 g KH	<u>AUC</u> 1. 1650 mg/dl*min 2. 1000 mg/dl*min 3. 820 mg/dl*min 4. 530 mg/dl*min 5. 400 mg/dl*min
Fett	Latgé 1994	Gesunde Männer & Frauen	12	5 h	1. 50 g Pasta 2. 50 g Pasta & 2 Eigelbe, 20 g Olivenöl, 25 g Butter	<u>AUC</u> 1. $3,94 \pm 0,79$ mmol/l*h 2. $1,56 \pm 0,42$ mmol/l*h
Ballaststoff	Bourdon 1999	Gesunde Männer	12	6 h	1. Weizennudeln, 4,6 g BS 2. Prowashonupua-Gerstennudeln, 15,7 g BS 3. Gesternudeln angereichert mit □ Glukan, 15,7 g BS	<u>AUC</u> 1. $4,2 \pm 2,2$ mmol/l*h 2. $6,8 \pm 1,5$ mmol/l*h 3. $7,1 \pm 2,1$ mmol/l*h  <u>Maximalwert postprandial</u> 1. $7,5 \pm 0,4$ mmol/l 2. $7,8 \pm 0,6$ mmol/l 3. $7,3 \pm 0,4$ mmol/l

## 1.5 Methoden des kontinuierlichen Blutglukosemonitoring:

### 1.5.1 Kontinuierliche Glukosebestimmung aus venösen Proben unter stationären Bedingungen

Vor allem für Studien zur zirkadianen Rhythmik des Glukosestoffwechsels wurden Glukosetagesprofile erstellt, indem bei stationär aufgenommenen Patienten in bestimmten Zeitabständen Proben von venösem Blut entnommen und mit der Hexokinase- oder der Glukokinase- Methode die Glukosekonzentration bestimmt wurde (Malherbe 1969, Phelps 1981). Dieses Verfahren ist sehr aufwendig, da es einen stationären Aufenthalt und eine ganztägige Betreuung der Probanden erfordert. Es kann nur in Studien eingesetzt werden und eignet sich nicht zur Verlaufskontrolle.

### 1.5.2 Selbstständige Blutglukosemessung (SBGM)

Bei der selbstständigen Blutglukosemessung (auch: Self Blood Glucose Monitoring: SBGM) messen die Patienten oder Probanden ihren Blutzucker mehrmals täglich selbst direkt aus dem kapillaren Blut.

Hierzu erhalten sie ein Blutzuckermessgerät auf der Basis eines Reflektionsglukosemessgeräts, Teststreifen um dieses zu bedienen und eine Stechhilfe oder Lanzetten.

Es gibt zwischen verschiedenen Autoren Differenzen über die Anzahl und den Zeitpunkt der Messungen bei verschiedenen Patientengruppen:

Für Gestationsdiabetikerinnen werden folgende Zeitpläne vorgeschlagen:

- Sieben Mal täglich, vor und nach den drei Hauptmahlzeiten, sowie vor dem Schlafengehen (Langer 94).
- Vier Mal täglich, einmal nüchtern, dreimal postprandial (Jovanovic- Peterson und Peterson 1991, Combs 1992, Major 1993, de Veciana 1998).

Die ganze Diskussion um geeignete Zeitpunkte und Häufigkeiten zeigt auch die Schwachpunkte der SBMG auf: Die Kontrolle ist oft nicht engmaschig genug und mögliche, oft nächtliche Hypoglykämien werden übersehen.

### 1.5.3 Kontinuierlich messende subkutane Glukosesensoren

Bisher steht zur kontinuierlichen subkutanen Messung von Glukose nur ein Produkt zur Verfügung. Das System der Firma MiniMed zur kontinuierlichen Glukosemessung (Continuous Glucose Monitoring System: CGMS®) besteht aus fünf Teilen: Dem Sensor, dem Monitor, dem Kabel, das beide verbindet, der Comstation und der passenden Software.

Der Sensor hat eine Länge von ca. 1cm und besteht aus Teflon. Zu Beginn der Messung wird er mit Hilfe einer Nadel in das Unterhautfettgewebe eingebracht, er kann bis zu 72h im Unterhautgewebe verbleiben. Der Sensor enthält eine Schicht aus Glucosidase. Dieses Enzym wandelt die Glucose des Unterhautfettgewebes mit Sauerstoff in Glukonsäure und Wasserstoffperoxyd um.  $H_2O_2$  wird an einer Platinelektrode reduziert und generiert dadurch ein elektrisches Signal im nA- Bereich. Dieses Signal wird vom Monitor alle 10

Sekunden empfangen. Der Mittelwert dieser Werte wird alle fünf Minuten gespeichert. (Mastrototaro 1999).

Die Glukosekonzentration im Unterhautfettgewebe korreliert mit der Glukosekonzentration im Blut. Dabei wird der jeweilige Wert im Unterhautfettgewebe ca. 15 min später als im Blut erreicht (Bantle 1997, Sternberg 1996).

Um aus den Stromstärkewerten Blutzuckerkonzentrationen zu generieren, muss das System geeicht werden. Dazu wird durch die Patienten oder Probanden durch eine selbstständige Messung der Glukosegehalt ihres Blutes bestimmt und mindestens viermal täglich in den Monitor eingegeben.

Am Ende der Tragezeit des Sensors können die im Monitor gespeicherten Werte über die Comstation in die Software auf einem PC eingegeben werden. Die Software generiert daraus Tagesprofile.

Die Spannweite des CGMS liegt zwischen 40 und 400 mg/dl.

Durch die Eichung übernimmt das CGMSsystem die Messfehler der SMBG, die bis zu 15-20% beziffert werden (Brunner 1998). Gross stellte 2000 eine 18% „mean absolute difference“ zwischen CGMS und SMBG fest, Bode 1999 eine von 19,1%.

## **1.6 Fragestellungen der Arbeit:**

Während in vielen der oben genannten Studien zu den Auswirkungen von Ernährung auf den Blutzuckerspiegel versucht wurde, die Reaktionen bestimmter Personengruppen auf standardisierte Mahlzeiten zu untersuchen, sollen in der vorliegenden Studie vor allem die Blutzuckerreaktionen auf die normale Ernährungssituation unter häuslichen Bedingungen untersucht werden.

Folgende Fragen sollen bearbeitet werden:

- Wie sehen die längerfristigen und postprandialen kontinuierlichen Blutzuckerprofile bei nichtschwangeren Frauen und Schwangeren mit und ohne Probleme hinsichtlich der Glukosetoleranz aus? Gibt es Unterschiede zwischen den Gruppen?
- Wie ernähren sich die untersuchten Gruppen? Gibt es Unterschiede zwischen den Gruppen? Ernähren sie sich entsprechend den aktuellen Empfehlungen?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der Ernährung und den Parametern der Glukosemessung in dem untersuchten Kollektiv?



## 2 Probandinnen, Material und Methoden

### 2.1 Überprüfung der ethischen Unbedenklichkeit

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Charité geprüft und zugelassen.

### 2.2 Probandinnen

#### 2.2.1 Rekrutierung, Information und Einwilligung

Die Probandinnen besuchten im Zeitraum vom 25.07.2000 bis 31.01.2001 die Schwangerenberatung des Universitätsklinikums. Dort wurden sie auf die Studie aufmerksam gemacht. Sie wurden mündlich und schriftlich über die Studie informiert und gaben anschließend ihre schriftliche Einwilligung zur freiwilligen Teilnahme.

Nachdem die Probandinnen ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Studie gegeben hatten, wurden sie in der Handhabung der Blutzuckermesssysteme sowie im Führen der Protokolle geschult.

#### 2.2.2 Einschlusskriterien

In die vorliegende Studie wurden Frauen im gebärfähigen Alter einbezogen, die einer der folgenden Gruppen angehörten:

- Nichtschwanger, glukosestoffwechselgesund
- Schwanger, glukosestoffwechselgesund
- Schwanger, mit eingeschränkter Glukosetoleranz (IGT)
- Schwanger, mit einem zum Zeitpunkt der Messung diätpflichtigen Gestationsdiabetes.

Ausschlusskriterien waren:

- Insulinpflichtigkeit
- Mangelnde Compliance, i.e. unvollständig geführte Protokolle
- Unvollständige Sensormessungen

#### 2.2.3 Anamnese

##### 2.2.3.1 *Alter*

Das Alter wurde zum Zeitpunkt des ersten Studientages bestimmt.

### 2.2.3.2 Herkunftsländer

Die Herkunftsländer wurden in folgende Gruppen eingeteilt:

- Westeuropa und Nordamerika
- Osteuropa, und ehemaliges Jugoslawien
- Arabische Länder und Türkei, Iran, Griechenland
- Asien
- Afrika

### 2.2.3.3 Ernährungsweise

Alle Probandinnen wurden gebeten, sich in der gleichen Art und Weise zu ernähren, wie sie es vor der Studie getan hatten.

Die Gestationsdiabetikerinnen erhielten im Laufe der Behandlung ihres Diabetes eine Diätberatung, die auf 30 kcal/kg Körpersollgewicht ausgelegt war. Davon sollten 50- 55 % als Kohlenhydrate, 30 % als Fette und 15 % als Proteine, zuzüglich 30 g an Ballaststoffen, verzehrt werden.

Das Körpersollgewicht wurde nach Broca folgendermaßen berechnet:

$$\text{Körpersollgewicht} = \text{Höhe (cm)} - 100$$

folgende Empfehlungen für den Konsum an Kohlenhydraten wurden gegeben:

Körperlänge in cm	Kohlenhydrate in g	Kohlenhydrate in BE
155	198- 216	16,5- 18
160	216- 240	18- 20
165	234- 240	19,5- 20
170	252- 276	21- 23
175	270- 276	22,5- 23
180	288- 312	24- 26
185	306- 336	25,5- 28

Die empfohlene Kohlenhydratzufuhr lag also zwischen 3,6 und 3,9 g/kg Brocagewicht.

### 2.2.3.4 Tabakkonsum und Schwangerschaftsanamnese

Der Tabakkonsum sowie die Anzahl der Graviditäten und Paritäten wurden anamnestisch erhoben.

## 2.3 Blutzuckermessung

### 2.3.1 Oraler Glukosetoleranztest

Bei allen Probandinnen wurde ein oraler Glukosetoleranztest (oGTT) durchgeführt. Bei Frauen mit diagnostiziertem Gestationsdiabetes wurde auf die Ergebnisse eines früheren oGTTs zurückgegriffen.

Nach den Ergebnissen dieses Tests wurden die Probandinnen in die Gruppen

- glukosestoffwechselgesund
  - Impaired Glucose Tolerance
  - Gestationsdiabetikerin
- eingeteilt.

Die Durchführung des oGTTs erfolgte in Anlehnung an die Kriterien von Mahan und O'Sullivan (1962), mit folgenden Abweichungen:

- Die Glukosemenge betrug 75g.
- Die Bestimmung erfolgte im kapillaren Vollblut nach der Hexokinase- Methode.
- Ein Dreistundenwert wurde nicht bestimmt.

Die Probandinnen erschienen zwischen 8 und 9 Uhr morgens nüchtern zum Test. Nach 22 Uhr des Vortags war ihnen keine Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme mehr erlaubt.

Nach Bestimmung des Nüchternwerts nahmen sie innerhalb von fünf Minuten ein Gemisch aus Stärkehydrolysat und schwarzem Johannisbeersaft auf, das nach enzymatischer Spaltung einer Menge von 75 g wasserfreier Glukose entspricht (Dextro® O.G.T., Hoffmann- La Roche AG, 79639 Grenzach- Wyhlen) auf. Nach 60 und 120 Minuten wurde nochmals der Glukosegehalt im kapillaren Vollblut mit der Hexokinase- Methode (Gluco- quant Glucose/ HK, Roche Diagnostics GmbH, 68298 Mannheim) bestimmt.

Bei der Beurteilung der Werte wurde mit folgenden Grenzwerten gearbeitet (s. Mahan und O'Sullivan 1962):

Zeitpunkt der Messung:	Grenzwert:
Nüchtern:	90 mg/dl
60 min nach Glukoseaufnahme:	165 mg/dl
120 min nach Glukoseaufnahme:	145 mg/dl

Wurde nur ein Wert über dem Grenzwert gemessen, wurde die Probandin als IGT klassifiziert, waren zwei Werte überschritten als Gestationsdiabetikerin.

### 2.3.2 Selbstständiges Monitoring (SBGM)

Jede Probandin führte während der Zeit der Messung ein selbstständiges Monitoring ihres Blutzuckerspiegels durch.

Die Bestimmung der Blutzuckerkonzentration erfolgte mit Hilfe eines Blutzuckermessgeräts (Accu- Check® Sensor, Roche Diagnostics GmbH, 68298 Mannheim) mit Glukosemessstreifen (Accu- Chek® Sensor Comfort , Hersteller s.o.). Die Blutentnahme aus der Fingerbeere führten die Probandinnen mit einer Stechhilfe (SOFTCLIX® II, Hersteller s.o.) selbstständig aus.

Die Messung erfolgte zu folgenden Zeitpunkten:

- Morgens, nüchtern, nach dem Aufstehen
- Eine halbe Stunde vor jeder Hauptmahlzeit
- Zwei Stunden nach jeder Hauptmahlzeit
- Abends, vor dem Schlafen

Die Ergebnisse dieser Messungen wurden zum Eichen des CGMS®s verwendet.

### 2.3.3 Kontinuierliche Blutzuckermessung

#### 2.3.3.1 *Messung*

Die kontinuierliche Messung des Glukosespiegels erfolgte durch einen subkutanen Glukosesensor (CGMS®, MiniMed GmbH, 55118 Mainz) im Fettgewebe des Bauchs oder des Oberschenkels der Probandinnen.

Der Sensor war über ein Kabel mit einer Speichereinrichtung (CGMS®- Monitor, Hersteller s.o.) verbunden, die alle fünf Minuten einen Durchschnittswert der Messungen speicherte.

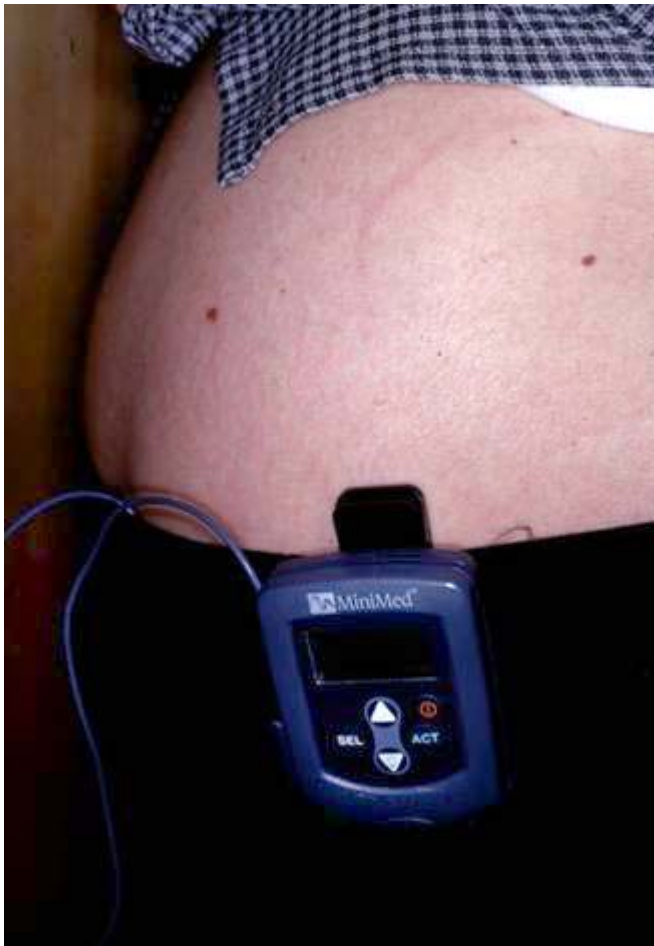


Abb. 1: Schwangere bei der kontinuierlichen Glukosemessung

Die Messung dauerte circa 72 Stunden. Während dieser Zeit wurde das Meßsystem von den Probandinnen sieben Mal täglich mit ihren selbstständig gemessenen Blutzuckerwerten geeicht.

Am Ende der Messung wurde der Monitor über eine kommunizierende Einrichtung (CGMS®- Com- Station) mit einem PC verbunden, auf dem eine Software (CGMS®- Com- Station Software) aus den im Monitor gespeicherten Werten Blutzuckertagesprofile generierte.

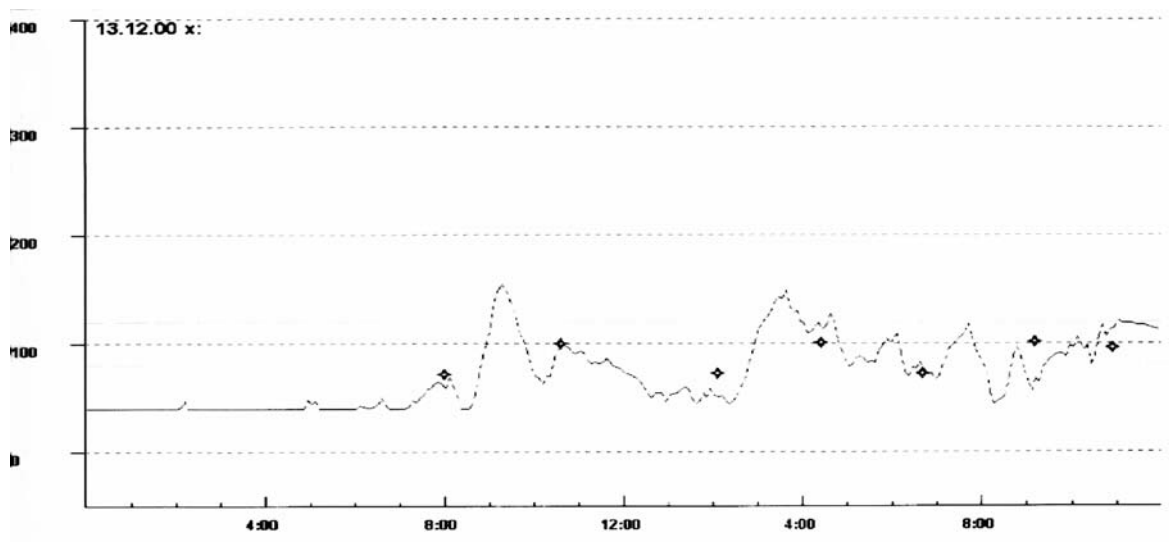


Abb. 2: 24h- Überblick über eine kontinuierliche Glukosemessung bei einer Gestationsdiabetikerin

### 2.3.3.2 Auswertung der Messung

Um eine Aussage über den gesamten Verlauf der Blutzuckerwerte treffen zu können, wurde der Mittelwert aller Glukosekonzentrationen des zweiten und dritten Tages gebildet.

Außerdem wurde die Zeit, innerhalb der Glukosekonzentrationen über 120, 130, 140 und 150 mg/dl und unter 50 mg/dl gemessen wurden durch Auszählen bestimmt. Hierbei wurden diejenigen Probandinnen ausgeschlossen bei deren Messung mehr als insgesamt 400 min von 48 h fehlten.

Um Aussagen zu den einzelnen Mahlzeiten zu machen, wurden der Wert zum Zeitpunkt des Beginns der Mahlzeit sowie die maximale Glukosekonzentration bis zu 150 min nach diesem Zeitpunkt in die Berechnungen einbezogen. Außerdem wurde die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Mahlzeit und dem Peak ermittelt.

Des Weiteren wurde die Area under the curve innerhalb von 90 min nach dem Beginn der Mahlzeit über und unter der Baseline des Anfangswertes mit Hilfe der Trapezoid-Methode bestimmt. Dabei wurden die Konzentrationen, die über der Baseline lagen, als positive und Konzentrationen, die unter der Baseline lagen als negative Werte in die Berechnung einbezogen.

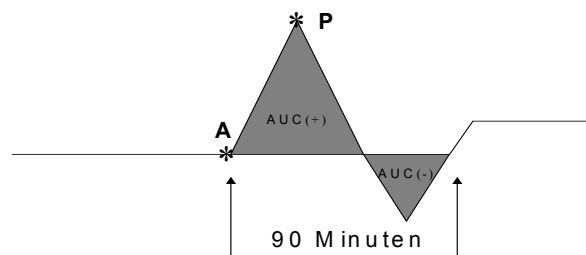


Abb. 3: Schema zu den postprandial ausgewerteten Parametern, wobei A: Konzentration zum Zeitpunkt des Beginns der Mahlzeit, P: Maximalkonzentration nach Verzehr der Mahlzeit, AUC: Area under the curve.

## 2.4 Ernährungserhebung

### 2.4.1 Protokolle

Die Protokolle zur Ernährung wurden über den gesamten Zeitraum der Messung von den Probandinnen geführt.

Die Ernährung sollte von den Frauen mit Haushaltsgrößen, wie „Scheiben“, „Esslöffel“, „Portionen“ etc. quantifiziert werden. Außerdem sollte die Uhrzeit zu Beginn der Nahrungsaufnahme notiert werden.

## Ernährungsprotokoll

Name:

Geb. - Datum:

Datum:

13.12.06

Ernährung (mit Uhrzeit)	Blutzuckerwert (mit Uhrzeit)
<p>8<sup>30</sup> = 1 Joghurt 175g 1 BE  2 Scheiben Graubrot 6 BE  mit Laimelade  Kaffee + entrahmte Milch</p>	<p>8<sup>00</sup> = 71 mg/dl  10<sup>30</sup> = 99 mg/dl</p>
<p>14<sup>30</sup> = 75g Nudeln 5 BE  Geflügelbrustchen  + Salat 2 BE</p>	<p>14<sup>00</sup> = 72 mg/dl  16<sup>30</sup> = 100 mg/dl</p>
<p>19<sup>10</sup> = Obstsalat aus  140g Äpfel 1 1/2 BE  260g Apfelsine 2 BE  70g Banane 1 BE  1 Joghurt 1 1/2 BE</p>	<p>18<sup>40</sup> = 72 mg/dl  21<sup>10</sup> = 101 mg/dl</p>
<p>21<sup>15</sup> = 2 Scheiben  Knäckebrot mit  Käse + Tomate 1 BE</p>	<p>23<sup>00</sup> = 96 mg/dl</p>

Bitte messen Sie Ihren Blutzuckerwert :

- 30 Min vor jeder großen Mahlzeit
- 2 Stunden nach jeder großen Mahlzeit
- vor dem Schlafengehen

Abb. 4: Beispiel des Ernährungsprotokolls der Gestationsdiabetikerin, deren Glukoseprofil in Abbildung 2 dargestellt wurde.



## 2.4.2 Auswertung der Ernährungsprotokolle

Die Ernährungsprotokolle wurden mit Hilfe des Programms prodi 4.5 expert, das auf den Nährwerttabellen von Souci, Krautmann und Fach sowie auf Angaben aus der Nahrungsmittelindustrie basiert, ausgewertet. Es wurden die Portionsgrößen, die von der Software vorgeschlagen wurden verwendet. Bei unpräzisen Angaben der Protokollierenden wurde immer der am weitesten fassende Begriff verwendet. Bei süßen Brotbelägen wurde immer von einer dazugehörenden Portion Butter, bei Milchprodukten ohne Angabe, vom vollen Fettgehalt ausgegangen.

Die Entscheidung, ob die Mahlzeit des ersten oder des zweiten Tags ausgewertet werden sollte, wurde nach dem Zufallsprinzip mit Hilfe eines Würfels getroffen.

Die ausgewertete Mahlzeit war das Mittagessen. Dieses wurde als größte Mahlzeit (auf den Brennwert bezogen) zwischen 11 und 18 Uhr definiert.

Die kohlenhydrathaltigen Nahrungsmittel wurden in folgende Gruppen eingeteilt:

- Backwaren aus Weißmehl
- Backwaren nichtweißem Mehl, meist Grau- oder Vollkornbrot
- Pasta
- Reis
- Kartoffeln
- Obst, Fruchtsäfte und Süßwaren
- Sonstige.

<b>13.12.2000</b>									
<b>4 Mahlzeiten</b>									
<b>8.30</b>									
	175	g Joghurt vollfett							
	2	Portionen (90g) Graubrot-Roggenmischbrot							
	1	Portion (10g) Butter							
	2	Portionen (50g) Obst Konfitüre							
	1	Portion (150g) Kaffee (Getränk)							
	10	g Kuhmilch Trinkmilch entrahmt							
kcal		525,40		EW	11,83	g	F	15,80	g
KH		81,78	g	Alk	0,00	g	Bst	4,54	g
Fe		2,12	mg	J	19,28	µg	Ca	266,90	mg
A		0,11	mg	Fols	54,90	µg	C	2,09	mg
E		1,04	mg						
Sorb		0,09	g	Gluc	0,90	g	Fruc	1,37	g
Sacc		32,52	g	Lact	5,74	g	St	37,20	g
<b>14.30</b>									
	1	Portion (225g) Teigwaren eifrei gegart							
	1	Portion (70g) Wiener Würstchen Konserve							
	3	Portionen (60g) Tomatenketchup							

kcal	615,60		EW	23,39	g	F	20,66	g
KH	82,77	g	Alk	0,00	g	Bst	5,78	g
Fe	2,50	mg	J	3,34	µg	Ca	45,90	mg
A	0,00	mg	Fols	24,50	µg	C	17,17	mg
E	0,71	mg						
Sorb	0,00	g	Gluc	6,25	g	Fruc	7,31	g
Sacc	0,86	g	Lact	0,00	g	St	68,00	g
<b>19.10</b>								
140	g Apfel frisch							
260	g Orange frisch							
70	g Banane frisch							
250	g Joghurt vollfett							
kcal	426,50		EW	12,13	g	F	10,71	g
KH	64,87	g	Alk	0,00	g	Bst	9,92	g
Fe	2,22	mg	J	28,97	µg	Ca	450,30	mg
A	0,08	mg	Fols	111,20	µg	C	157,70	mg
E	1,72	mg						
Sorb	0,72	g	Gluc	12,17	g	Fruc	18,04	g
Sacc	21,15	g	Lact	7,40	g	St	2,90	g
<b>21.15</b>								
2	Portionen (20g) Knäckebrot							
2	Portionen (60g) Schnittkäse							
1	Portion (80g) Tomaten frisch							
kcal	297,60		EW	17,86	g	F	17,55	g
KH	16,60	g	Alk	0,00	g	Bst	1,61	g
Fe	1,05	mg	J	22,96	µg	Ca	496,60	mg
A	0,17	mg	Fols	66,20	µg	C	19,64	mg
E	1,01	mg						
Sorb	0,00	g	Gluc	0,91	g	Fruc	1,06	g
Sacc	0,35	g	Lact	0,00	g	St	14,20	g
<b>14.12.2000</b>								
<b>6 Mahlzeiten</b>								
<b>6.30....</b>								
<b>8.35.....</b>								
.....								
<b>Gesamtsumme über 48 h: / 1,00</b>								
kcal	3384,57		EW	125,80	g	F	111,20	g
KH	447,15	g	Alk	0,00	g	Bst	48,03	g
Fe	16,79	mg	J	172,28	µg	Ca	2604,27	mg
A	0,71	mg	Fols	633,23	µg	C	440,69	mg
E	13,37							
Sorb	1,53	g	Gluc	50,74	g	Fruc	64,72	g
Sacc	80,54	g	Lact	38,86	g	St	194,20	g
Eiweiß				125,80	g (15%)			
Fett				111,20	g (30%)			
Kohlenhydrate				447,15	g (55%)			

Abb. 5: Auswertung des in Abbildung 4 dargestellten Protokolls; der zweite Tag ist in verkürzter Form angegeben.

## 2.5 Statistik

### 2.5.1 Hardware

Die Auswertung wurde auf einem PC mit Pentium– Prozessor vorgenommen.

### 2.5.2 Software

Die direkte Übertragung der Messung erfolgte auf die Software MiniMed Solutions Sensor©. Diese wurde auf die Software Microsoft Excel 97 übertragen. Hieraus wurden

die Messwerte der zu untersuchenden 48 h in das Programm SPSS 10.0 übertragen, mit dessen Hilfe Mittelwert und Zeitdauern über den Grenzwerten bestimmt wurden.

Für die Bestimmung der AUC wurde die Software Microsoft Excel 2000 verwendet.

Die deskriptive und die konfirmatorische Analyse wurden auf SPSS 10.0 durchgeführt.

### 2.5.3 Statistik

Alle Mittelwerte, soweit nicht anders beschrieben, wurden als Median angegeben.

Die Unterschiede zwischen allen Gruppen wurden mit dem Test nach Kruskal- Wallis, die Unterschiede zwischen zwei bestimmten Gruppen mit dem Test nach Mann- Whitney bestimmt.

Die Korrelationsanalyse erfolgte nach Pearson.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Probandinnen

#### 3.1.1 Ein- und Ausschluss in das ausgewertete Kollektiv

In der Zeit vom 25.07.2000 bis 31.01.2001 wurden die kontinuierliche Glukosemessung und die Erhebung eines Ernährungstagebuchs bei 88 Probandinnen durchgeführt.

Davon wurden insgesamt 34 Probandinnen von der Auswertung ausgeschlossen.

Diese gliedern sich in die folgenden Gruppen:

Tab. 5: Von der Auswertung ausgeschlossene Probandinnen

	n	Prozent:
Sensormessung nicht vollständig:	22	25,0%
Probandin benützte Insulin:	9	10,2%
Probandin war Typ 2- Diabetikerin	1	1,1 %
Ernährungsprotokoll unvollständig:	1	1,1%
Probandin wünschte den Ausstieg aus der Studie:	1	1,1%
Insgesamt:	34	38,6%

Von den übrigen 54 Probandinnen konnte bei 39 eine Auswertung über das Essverhalten und das kontinuierliche Glukoseprofil innerhalb von 48h sowie über einzelne gemischte

Mahlzeiten gemacht werden.

Bei weiteren 13 Probandinnen wurde nur eine Auswertung über die Gesamt- Diät innerhalb von 48h gemacht, da der Zeitpunkt, zu dem die Mahlzeit eingenommen wurde, im Protokoll nicht genau angegeben war.

Bei zwei Probandinnen war nur eine gemischte Mahlzeit auszuwerten, weil diese eine Mahlzeit im Protokoll nicht ausreichend beschrieben.

Dies bedeutet, dass bei insgesamt 52 Probandinnen eine 48h- Stunden- Langzeitauswertung durchgeführt wurde und bei 40 Probandinnen eine einzelne gemischte Mahlzeit beurteilt werden konnte.

Bei der Charakterisierung der Probandinnen wurden alle 54 ausgewerteten Frauen berücksichtigt.

Die Probandinnen wurden anhand des oGTTs und der Tatsache, ob sie schwanger oder nicht schwanger waren, in Gruppen eingeteilt.

Es wurden neun (16,7 %) Nichtschwangere, 18 (33,3 %) glukosestoffwechselgesunde Schwangere, 17 (31,5 %) Gestationsdiabetikerinnen und zehn (18,5 %) Schwangere mit eingeschränkter Glukosetoleranz ausgewertet.

### 3.1.2 Herkunft, anthropometrische Angaben, Lebensalter und Genussmittelkonsum

Insgesamt 34 (63%) Probandinnen kamen aus Westeuropa, fünf (9,3 %) aus Osteuropa, zwölf (22,2 %) aus arabischen Ländern, Griechenland und der Türkei, zwei (3,7 %) aus dem ost- und südostasiatischen Raum sowie eine (1,9 %) aus Afrika.

Die anthropometrischen Merkmale sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tab. 6: Anthropologische Daten der ausgewerteten Probandinnen

		nicht schwanger (n= 9)	schwanger, kein Diabetes (n= 18)	GDM (n=17)	IGT (n= 10)	Insgesamt (n= 54)	Kruskal- Wallis- p- Wert	Mann- Whitney- p- Wert
Gewicht vor Gravität in kg	MW ± SD Median	66± 12 62	60± 13 58	77±20 79	64± 15 68	67± 17 68	0,018	bc: 0,004 cd: 0,031
Gewicht bei Untersuchung in kg	MW ± SD Median		74± 12 70	89± 20 92	77± 17 79	80± 17 78	0,041	bc: 0,018
Gewichtszunahme in kg	MW ± SD Median		13± 6 13	11± 7 10	12± 7 11	12± 6 12	0,296	keine
BMI in kg/m²	MW ± SD Median	23± 5 21	22± 4 22	28± 7 27	23± 4 22	24± 6 23	0,008	bc: 0,001 cd: 0,008
Körpergröße in cm	MW ± SD	169± 6	165± 6	166± 6	168± 6	166± 6	0,186	keine

	Median	170	164	165	170	166		
Lebensalter in Jahren	MW $\pm$ SD	27 $\pm$ 3	31 $\pm$ 7	33 $\pm$ 6	29 $\pm$ 4	30 $\pm$ 6	0,066	ac: 0,009
	Median	25	32	34	30	30		

Beim Mann-Whitney-Test wurden nur die signifikanten Ergebnisse dargestellt, wobei a= nichtschwanger, b= gesunde Schwangere, c= GDM, d= IGT

Bezüglich des Tabakkonsums ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Es wurden folgende anamnestic Angaben gemacht:

Tab. 7: Anzahl der Raucherinnen und der Nichtraucherinnen

		nicht schwanger, n= 9	schwanger, kein Diabetes, n= 16	GDM, n= 13	IGT, n= 9	Insgesamt, n= 47
Nichtrauchen	Anzahl (%)	4 (44,4%)	12 (75,0%)	10 (76,9%)	8 (88,8%)	34 (72,3%)
Rauchen	Anzahl (%)	5 (55,6%)	4 (25,0%)	3 (23,1%)	1 (11,1%)	13 (27,7%)

### 3.1.3 Laborparameter: oGTT, HbA1c und Blutfette

Die Ergebnisse der Labormessungen, einschließlich des oGTT sind im Folgenden dargestellt.

Abgesehen von den die Gruppen definierenden oGTT- Werten ergaben sich signifikante Unterschiede im Hinblick auf den HbA1c, die Triglyceride und das Gesamtcholesterin.

Tab. 8: Untersuchte Laborwerte der Probandinnen

		nicht schwanger, n= 8	schwanger, kein Diabetes, n= 18	diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 10	Insgesamt, n= 54	Kruskal-Wallis- p-Wert	Mann-Whitney- p-Wert
Nüchternblut-zucker in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	85 $\pm$ 6 84	78 $\pm$ 5 78	98 $\pm$ 13 97	74 $\pm$ 8 74	84 $\pm$ 13 82	0,000	ab: 0,019 ac: 0,005
1h-Wert des OGGT in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	107 $\pm$ 22 95	129 $\pm$ 21 123	188 $\pm$ 38 185	177 $\pm$ 15 178	154 $\pm$ 41 159	0,000	ab: 0,040 ac: 0,000
2h-Wert des OGGT in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	92 $\pm$ 10 88	97 $\pm$ 16 93	148 $\pm$ 25 149	119 $\pm$ 19 121	116 $\pm$ 30 111	0,000	ac: 0,000
HbA1c in %	MW $\pm$ SD Median	5,26 $\pm$ 0,24 5,30	5,09 $\pm$ 0,26 5,10	5,56 $\pm$ 0,52 5,45	5,21 $\pm$ 0,32 5,25	5,27 $\pm$ 0,40 5,25	0,030	
Triglyceride in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	141 $\pm$ 182 78	193 $\pm$ 56 192	227 $\pm$ 62 203	232 $\pm$ 93 202	202 $\pm$ 98 192	0,013	ab: 0,009
Gesamtcholesterin in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	192 $\pm$ 86 190	252 $\pm$ 37 244	238 $\pm$ 37 232	251 $\pm$ 46 252	238 $\pm$ 53 231	0,027	ab: 0,007
HDL-Cholesterin in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	64 $\pm$ 8 64	77 $\pm$ 17 81	69 $\pm$ 16 74	73 $\pm$ 14 70	71 $\pm$ 15 70	0,265	
LDL-Cholesterin in mg/dl	MW $\pm$ SD Median	104 $\pm$ 25 132	132 $\pm$ 38 130	127 $\pm$ 34 117	131 $\pm$ 39 128	125 $\pm$ 35 119	0,435	

Beim Mann-Whitney-Test wurden nur die signifikanten Ergebnisse dargestellt, wobei a= nichtschwanger, b= gesunde Schwangere, c= GDM, d= IGT

### 3.1.4 Angaben zur Schwangerschaft und zur Geburtenanamnese

Bezüglich der Schwangerschaftswoche zur Zeit der Untersuchung, der Gravidität, sowie der Parität wurden zwischen den Gruppen der Schwangeren keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Tab. 9: Schwangerschafts- und Geburtenanamnese

		schwanger, kein Diabetes, n= 18	diätpflichtiger GDM, n= 17	schwanger, IGT, n= 10	Insgesamt, n= 45	Kruskal-Wallis- p-Wert	Mann-Whitney- p-Wert
Gravidität	MW ± SD Median	1,9± 1,0 2	2,7± 2,2 2	2,3± 1,3 2	2,0± 1,7 2	0,679	
Parität	MW ± SD Median	1,8± 0,9 2	2,2± 1,9 2	1,9± 1,1 2	1,7± 1,4 1	0,987	
SSW	MW ± SD Median	34± 4 34	31± 4 30	31± 5 33	32± 4 34	0,092	

Beim Mann-Whitney-Test wurden nur die signifikanten Ergebnisse dargestellt, wobei a= nichtschwanger, b= gesunde Schwangere, c= GDM, d= IGT

### 3.1.5 Angaben zur Geburt und zum Kind

#### 3.1.5.1 Geburtsart

Hinsichtlich des Geburtsmodus ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Tab. 10: Unterschiedliche Geburtsmodi der Probandinnen

		schwanger, kein DM, n= 17	diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 8	Insgesamt, n= 40
spontan	Anzahl (%)	15 (88,2%)	11 (73,3%)	7 (87,5%)	33 (82,5%)
primäre Sektio	Anzahl (%)	2 (11,8)	4 (26,7%)	1 (12,5%)	7 (17,5%)

#### 3.1.5.2 Kindsdaten

Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der SSW bei Geburt, der Länge und des Gewichts des Kindes sowie des pH- Werts der Nabelschnurarterie.

Die Gestationsdiabetikerinnen wurden im Median eine Woche früher als die anderen Schwangeren von einem etwas schwereren Kind entbunden. Auch der pH- Wert der Nabelschnurarterie war geringfügig niedriger.

Tab. 11: SSW bei Geburt sowie die Daten der geborenen Kinder

		schwanger, kein Diabetes, n= 17	diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 8	Insgesamt, n= 40	Kruskal-Wallis- p-Wert	Mann-Whitney- p-Wert
SSW bei Geburt	MW ± SD Median	40± 2 40	39± 2 39	40± 2 40	40± 2 40	0,530	
Länge des Kindes in cm	MW ± SD Median	51± 3 51	52± 2 51	51± 1 51	51± 2 51	0,639	
Gewicht des Kindes in g	MW ± SD Median	3289± 517 3260	3591± 589 3639	3324± 324 3455	3409± 523 3345	0,306	
pH- Wert der Nabelschnur-arterie	MW ± SD Median	7,25± 0,07 7,25	7,21± 0,09 7,21	7,25± 0,07 7,24	7,24± 0,07 7,23	0,527	

Beim Mann-Whitney-Test wurden nur die signifikanten Ergebnisse dargestellt, wobei a= nichtschwanger, b= gesunde Schwangere, c= GDM, d= IGT

Hinsichtlich des Überschreitens der Grenzmarken 3500 und 4000 g und der 90.

Gewichtspersentile nach Voigt, sowie des Unterschreitens der 10. Gewichtspersentile nach Voigt sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Diese sind allerdings statistisch nicht signifikant.

Tab. 12: Anzahl der Kinder, die hinsichtlich ihres Gewichts bestimmte Grenzwerte überschreiten

		schwanger, kein Diabetes, n= 17	diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 8	Insgesamt n= 40
< 10. Perzentile	Anzahl (%)	4 (23,5 %)	0 (0 %)	1 (12,5 %)	5 (12,5 %)
> 90. Perzentile	Anzahl (%)	2 (11,8 %)	4 (26,7 %)	1 (12,5 %)	7 (17,5 %)
Gewicht über 3500 g	Anzahl (%)	5 (29,4 %)	8 (53,3 %)	3 (37,5 %)	16 (40,0 %)
Gewicht über 4000 g	Anzahl (%)	1 (5,9 %)	4 (26,7 %)	0 (0,0 %)	5 (12,5 %)

Insgesamt waren 21 (52,5 %) der geborenen Kinder Jungen und 19 (47,5 %) Mädchen.

### 3.1.5.3 Kindliche perinatale Komplikationen

Kindliche perinatale Komplikationen sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Tab. 13: Kindliche Komplikationen

		schwanger, kein Diabetes, n= 17	diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 8	Insgesamt, n= 40
gesund	Anzahl (%)	11 (64,7 %)	9 (60,0 %)	8 (100,0 %)	28 (70,0 %)
Hypoglykämie	Anzahl (%)	3 (17,6 %)	4 (26,7 %)	0 (0,0 %)	7 (17,5 %)
Hyperbilirubinämie	Anzahl (%)	1 (5,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (2,5 %)
Bradykardie	Anzahl (%)	1 (5,9 %)	1 (6,7 %)	0 (0,0 %)	2 (5,8 %)
Anomalien	Anzahl (%)	1 (5,9 %)	1 (6,7 %)	0 (0,0 %)	2 (5,0 %)

Vier Kinder (26,7 %) diabetischer Mütter und ein Kind (12,5 %) einer Mutter mit IGT mussten postnatal auf eine Kinderstation verlegt werden.

## 3.2 Auswertung der Daten über einen Zeitraum von 48 Stunden

Die Auswertung erfolgte über 48 h. Die Daten werden aufgrund der größeren Anschaulichkeit auf einen Tag bezogen dargestellt.

Es wurden die Daten von 9 nichtschwangeren Glukosestoffwechselgesunden, 18 nichtdiabetischen und 15 diabetischen Schwangeren, sowie von 10 Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz ausgewertet.

Die Probandinnen unterschieden sich signifikant hinsichtlich ihres prägraviden Gewichts ( $p=0,009$ ) und BMI ( $p=0,007$ ) sowie ihres HbA<sub>1c</sub> ( $p=0,011$ ).

### 3.2.1 Glukosemessung über 48 Stunden

Bei jeder Probandin wurden über drei Tage (72h) alle fünf Minuten ein Glukosewert gespeichert. Im Folgenden wurden die Ergebnisse der Glukosemessung innerhalb des zweiten und dritten Tages der Messung ausgewertet.

Von jeder Probandin standen dadurch circa 576 Einzelwerte zur Auswertung zur

Verfügung.

### 3.2.1.1 Mittelwert der Glukosemessung

Es wurde der Mittelwert der gemessenen 576 Glukosewerte bestimmt.

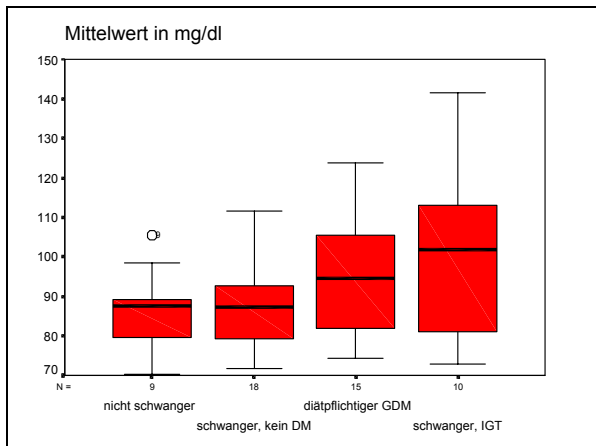


Abb. 6: Vergleich der Mittelwerte der Glukosemessung in mg/dl.

Die Mittelwerte der Glukosemessung lagen mit einem Median von 88 mg/dl bzw. 87 mg/dl bei den nichtschwangeren und den schwangeren glukosestoffwechselgesunden Frauen annähernd gleich. Den höchsten Median weisen die Schwangeren mit der eingeschränkten Glukosetoleranz mit 102 mg/dl auf, während sich für die diätpflichtigen Gestationsdiabetikerinnen ein Median von 95 mg/dl berechnen lässt. Die Gruppen unterscheiden sich, statistisch gesehen, nicht signifikant.

Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt im Mittel 27,21 (Median 26,19).

### 3.2.1.2 Hypoglykämien

Es wurde die Zeitdauer, der Glukosekonzentrationen von und unter 50 mg/dl, bestimmt. Dabei wurden diejenigen Probandinnen ausgeschlossen, deren Messung länger als 400 Min. unterbrochen war.



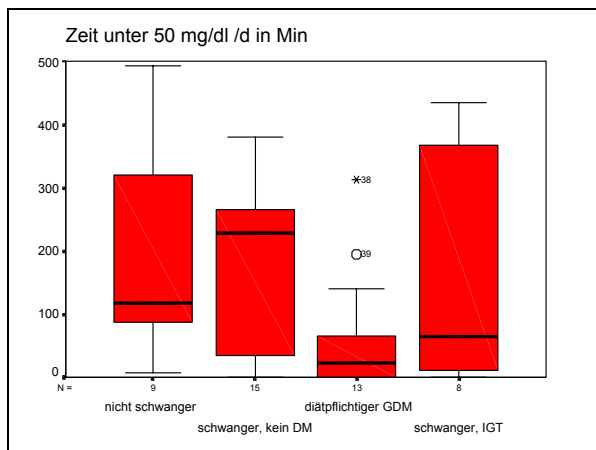


Abb. 7: Vergleich der Zeitdauer der Werte unter 50 mg/dl.

Der Median der Dauer der Werte unter 50 mg/dl liegt für die GDM mit 23 Min am niedrigsten, während die nichtdiabetischen Schwangeren den mit 228 Min die höchste aufweisen. Der Unterschied innerhalb dieser beiden Gruppen ist beinahe ( $p = 0,052$ ) signifikant, derjenige zwischen den Nichtschwangeren und den Gestationsdiabetikerinnen ist signifikant ( $p = 0,021$ ).

Die Zeitdauern, in denen Werte unter 50 mg/dl gemessen wurden, lagen bei den nichtschwangeren Frauen bei 118 Min und bei den Schwangeren mit IGT bei 64 Min.

### 3.2.1.3 Hyperglykämien

Um eine Aussage über das Ausmaß der Hyperglykämien treffen zu können, wurden die Zeitdauern während der Glukosewerte die jeweils über 120, 130, 140 und 150 mg/dl lagen gemessen wurden, bestimmt. Auch hierbei wurden diejenigen ausgeschlossen, deren Messung mehr als 400 Min. Fehlzeit aufwies.

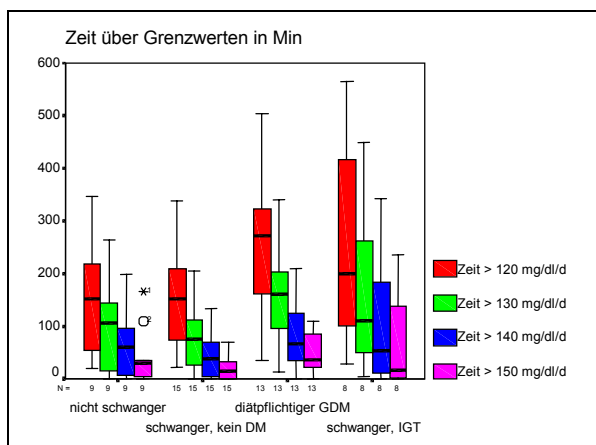


Abb. 8: Zeitdauern, in denen Glukosekonzentrationen über 120 mg/dl, 130 mg/dl, 140 mg/dl und über 150 mg/dl gemessen wurden in Min.

In der Gruppe der nichtschwangeren Frauen betrugen die Zeitdauern, in denen Glukosewerte über 120 mg/dl gemessen wurden, im Median 153 Min, diejenigen über 130 mg/dl 105 Min, über 140 mg/dl 60 Min und über 150 mg/dl 30 Min.

Die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren hatten über folgende Zeitdauern Hyperglykämien: Über 120 mg/dl 153 Min, über 130 mg/dl 75 Min, über 140 mg/dl 37 Min und über 150 mg/dl 15 Min.

Die Zeitdauern der Hyperglykämien bei den Gestationsdiabetikerinnen waren: 273 Min, 160 Min, 67 Min und 35 Min.

Bei den Schwangeren mit IGT wurden über 200 Min Glukosewerte über 120 mg/dl, über 110 Min über 130 mg/dl, über 53 Min über 140 mg/dl und über 16 Min über 150 mg/dl gemessen.

Die nichtdiabetischen und die diabetischen Schwangeren unterscheiden sich hinsichtlich der Zeitdauer in der Werte über 130 mg/dl gemessen wurden statistisch signifikant (Mann-Whitney- p- Wert: 0,041).

### 3.2.1.4 Parameter der Glukosemessung bezogen auf die Kindsdaten

Parameter der Glukosemessung wurden in Gruppen über und unter der 90. Gewichtsperzentile nach Voigt (s. Voigt 1992) aufgetragen.

Tab. 14: Parameter der Glukosemessung bezogen auf die 90. Gewichtsperzentile

	>90 Perzentile	n	< 90. Perzentile	N	Mann- Whitney-Test
Mittelwert in mg/dl	95,43	7	88,66	31	0,299
Zeit unter 50 mg/dl/d in Min	65,00	7	101,25	24	0,872
Zeit über 120 mg/dl/d in Min	247,50	7	163,75	24	0,153
Zeit über 130 mg/dl/d in Min	145,00	7	85,00	24	0,127
Zeit über 140 mg/dl/d in Min	77,50	7	38,75	24	0,076
Zeit über 150 mg/dl/d in Min	35,00	7	20,00	24	0,076

Außerdem wurden die Parameter der Glukosemessung in Gruppen über und unter der 10. Gewichtsperzentile nach Voigt aufgetragen.

Tab. 15: Parameter der Glukosemessung bezogen auf die 10. Gewichtsperzentile

	> 10. Perzentile	n	< 10. Perzentile	n	Mann- Whitney-Test
Mittelwert	92,30	33	80,16	5	0,160
Zeit unter 50 mg/dl in Min	51,25	28	227,50	3	0,104
Zeit über 120 mg/dl/d in Min	205,00	28	82,50	3	0,462
Zeit über 130 mg/dl/d in Min	118,75	28	15,00	3	0,385
Zeit über 140 mg/dl/d in Min	66,25	28	5,00	3	0,229
Zeit über 150 mg/dl/d in Min	26,25	28	,00	3	0,256

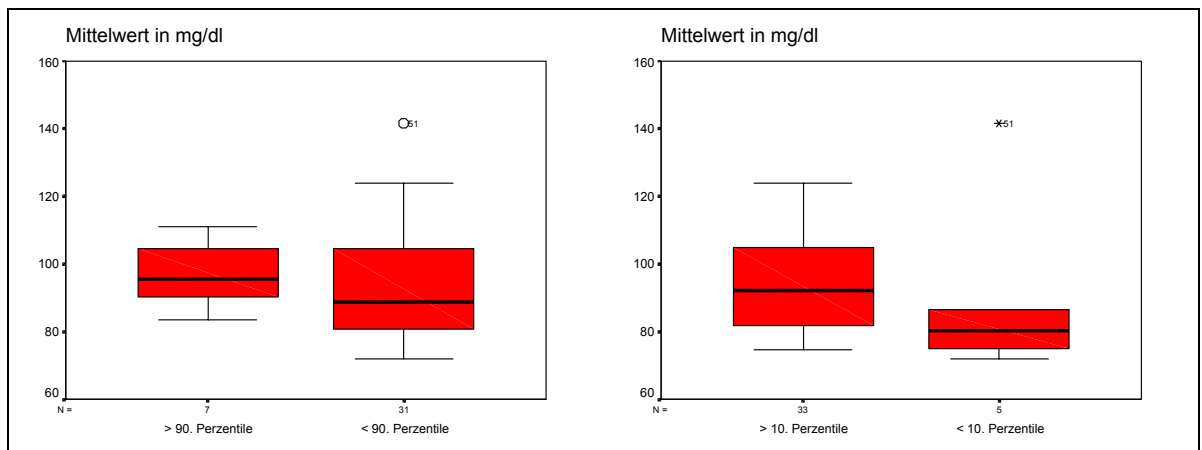


Abb. 9: Vergleich der Mittelwerte der Glukosemessung bei Müttern die von Kinder über und unter der 90. und 10. Perzentile nach Voigt entbunden wurden.

### 3.2.2 Ernährungserhebung über 48 Stunden

Als ein wichtiger Einflussfaktor auf die Blutglukosekonzentration wird die Ernährung angesehen. Diese soll im Folgenden untersucht werden.

#### 3.2.2.1 Energiezufuhr

Die reine tägliche Energiezufuhr wurde mit einem Median von 1659 kcal von den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz am niedrigsten angegeben. Die höchste Brennwertzufuhr hatten die nichtschwangeren Frauen, die im Median 2460 kcal zu sich nahmen. Dazwischen liegen die schwangeren Frauen ohne Diabetes (1942 kcal) und die diabetischen Schwangeren (1715 kcal).

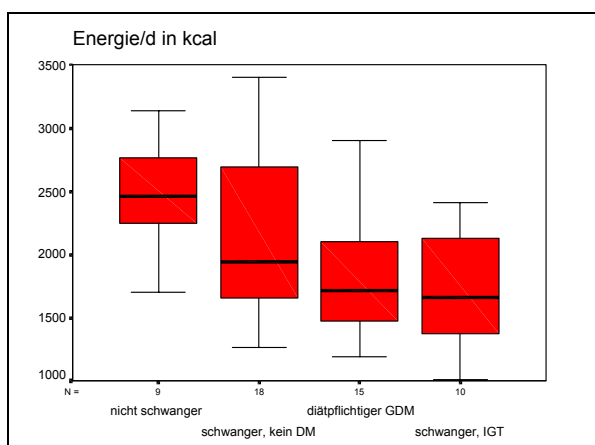


Abb. 10: Vergleich der täglichen Brennwertzufuhr, angegeben in kcal.

Die Brennwertzufuhr zwischen den Gruppen unterscheidet sich signifikant (Kruskal-Wallis-p-Wert= 0,02). Die Energiezufuhr der Nichtschwangeren lag statistisch

signifikant höher als die der Gestationsdiabetikerinnen (p-Wert: 0,008) und der Schwangeren mit IGT (p-Wert: 0,004).

Auch bezogen auf das Körpersollgewicht nach Broca wiesen die Frauen mit IGT die niedrigste Energiezufuhr auf (24.28 kcal/kg gefolgt von den Schwängern mit GDM und denen mit normalem Glukosestoffwechsel sowie den Nichtschwangeren (27.54, 31.13 und 35.04 kcal /kg).

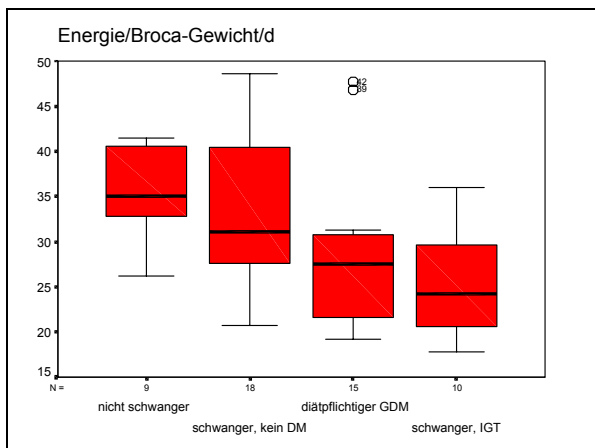


Abb. 11: Tägliche Energiezufuhr bezogen auf das prägravidie Körpersollgewicht nach Broca.

Auch hier unterscheiden sich die Gruppen insgesamt signifikant voneinander (Kruskal-Wallis- p- Wert: 0,008). Werden die einzelnen Gruppen miteinander verglichen, unterscheiden sich die Nichtschwangeren von den GDM und den IGT( p- Werte: 0,008 und 0,002) sowie die nichtdiabetischen Schwangeren von den IGT (p- Wert: 0,027) signifikant.

### 3.2.2.2 Anzahl der Mahlzeiten

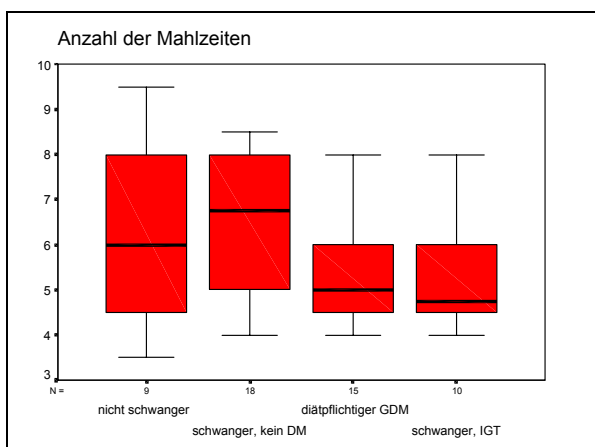


Abb. 12: Die Anzahl der zugeführten Mahlzeiten innerhalb von 24 h.

Die kohlenhydratstoffwechselgesunden Schwangeren nahmen die meisten Mahlzeiten

(Median: sieben) zu sich, während die Schwangeren, die Probleme mit dem Kohlenhydratstoffwechsel hatten, nur einen Median von jeweils fünf Mahlzeiten aufwiesen. Die Nichtschwangeren nahmen im Median sechs Mahlzeiten zu sich.

Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich zwischen den nichtdiabetischen Schwangeren und den diabetischen Schwangeren ( $p=0,011$ ) sowie den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz ( $p=0,040$ ).

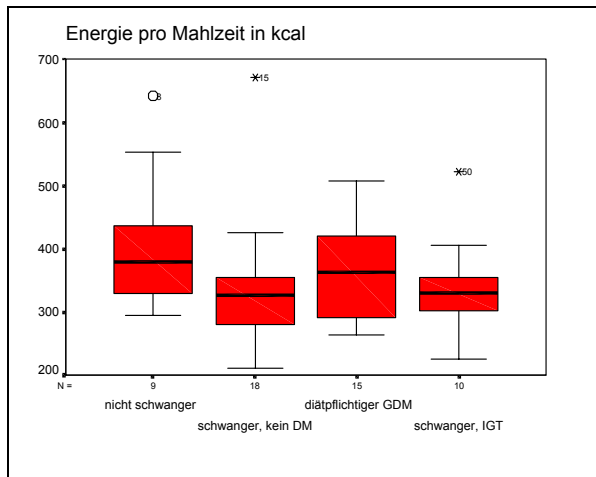


Abb. 13: Energiegehalt pro Mahlzeit der verschiedenen Gruppen

Hinsichtlich des durchschnittlichen Energiegehalts der zugeführten Mahlzeiten ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Im Median führten die Nichtschwangeren pro Mahlzeit 378 kcal, die gesunden Schwangeren 326 kcal, die Gestationsdiabetikerinnen 362 kcal und die Schwangeren mit IGT 338 kcal zu sich.

### 3.2.2.3 Verteilung der Makronährstoffe

Der Vergleich der Mittelwerte der Brennwertanteile der Makronährstoffe wird im Folgenden dargestellt.

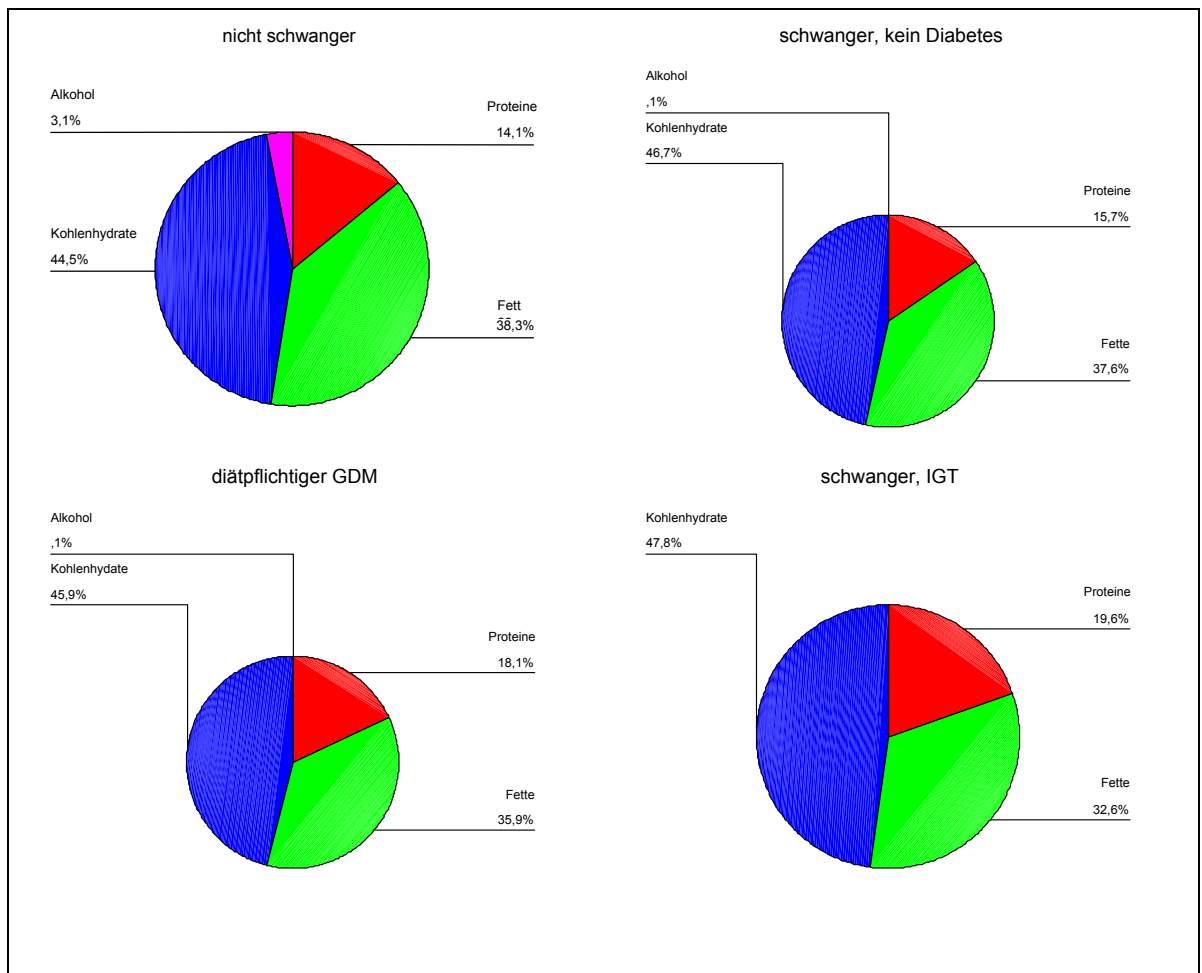


Abb. 14: Mittelwerte der Makronährstoffe, angegeben als Anteil der Brennwertzufuhr.

Es ergeben sich signifikante Unterschiede bezüglich des Anteils an Proteinen (Kruskal-Wallis-  $p=0,005$ ) und Alkohol ( $p=0,043$ ); bezüglich der Zufuhr von Kohlenhydraten ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Die Nichtschwangeren nehmen signifikant weniger Proteine zu sich als die Gestationsdiabetikerinnen ( $p$ -Wert: 0,02) und die Schwangeren mit IGT ( $p$ -Wert: 0,002). Auch die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren nahmen weniger Proteine zu sich als die Schwangeren mit Problemen bezüglich der Glukosetoleranz (im Vergleich zu den GDM:  $p$ -Wert: 0,046 und zu den IGT:  $p$ -Wert: 0,005).

Die nichtschwangeren Probandinnen nahmen als einzige nennenswerte Mengen an Alkohol zu sich (Mittelwert:  $3,11\% \pm 4,94$ , Median 0 %).

Auch die Fettzufuhr der Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz unterschied sich von den Gruppen ohne Glukosetoleranzstörung signifikant (jeweils  $p=0,035$ ).

### 3.2.2.4 Zufuhr von Kohlenhydraten

Die totale Kohlenhydratzufuhr war bei den Frauen mit einem Glukosestoffwechsel-Problem am niedrigsten (Median 198 g (47 kcal%) für GDM und 209 g (48 kcal%) für IGT). Am höchsten lag sie bei den nichtschwangeren Frauen mit einem Median von 300 g (45 kcal%). Die gesunden Schwangeren nahmen 226 g (47 kcal%) an Kohlenhydraten zu sich.

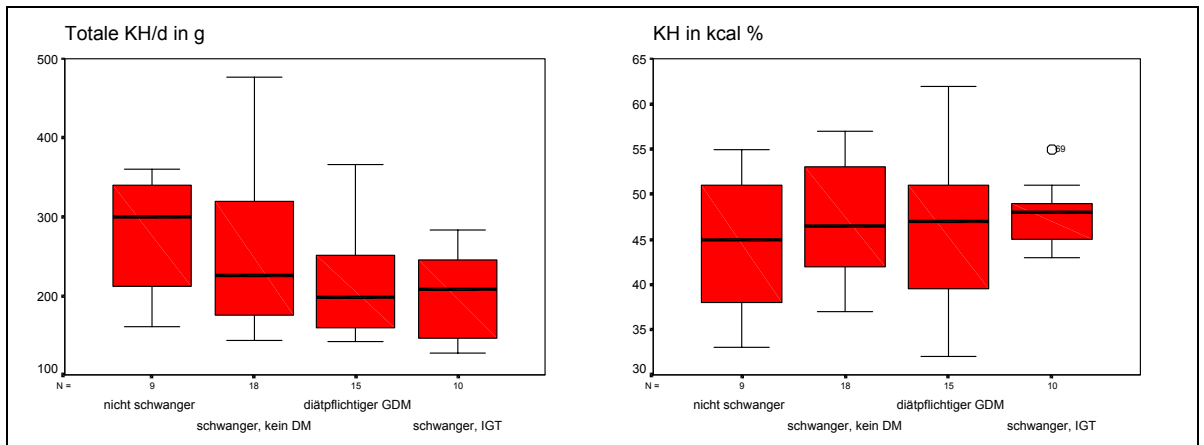


Abb. 15: Totale (links) und prozentuale (rechts) Kohlenhydratzufuhr.

Die Nichtschwangeren nahmen in Bezug auf die totale Zufuhr statistisch signifikant mehr Kohlenhydrate zu sich als die Gestationsdiabetikerinnen (p-Wert: 0,037).

Wird die Kohlenhydratzufuhr auf das Soll- Gewicht nach Broca bezogen, so beträgt sie im Median 4,29 g/kg KSG für die Nichtschwangeren, 3,70 g/ kg KSG für die kohlenhydratstoffwechselgesunden Schwangeren, 2,82 g/kg KSG für Gestationsdiabetikerinnen und 3,04 g/kg KG für die Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz.

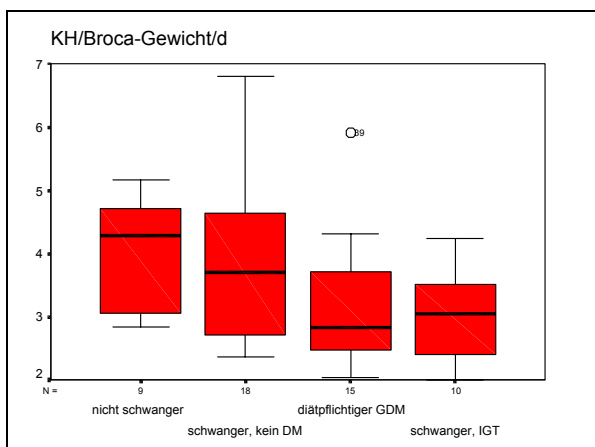


Abb. 16: Kohlehydratzufuhr bezogen auf das Körper-Soll-Gewicht nach Broca in g/kg/d

Zwischen den Nichtschwangeren und den Gestationsdiabetikerinnen besteht im Hinblick auf die Zufuhr bezogen auf das Broca- Gewicht ein statistisch signifikanter Unterschied mit einem p- Wert von 0,041.

Die zugeführten Kohlenhydrate setzten sich aus folgenden Mono-, Di- und Polysacchariden zusammen:

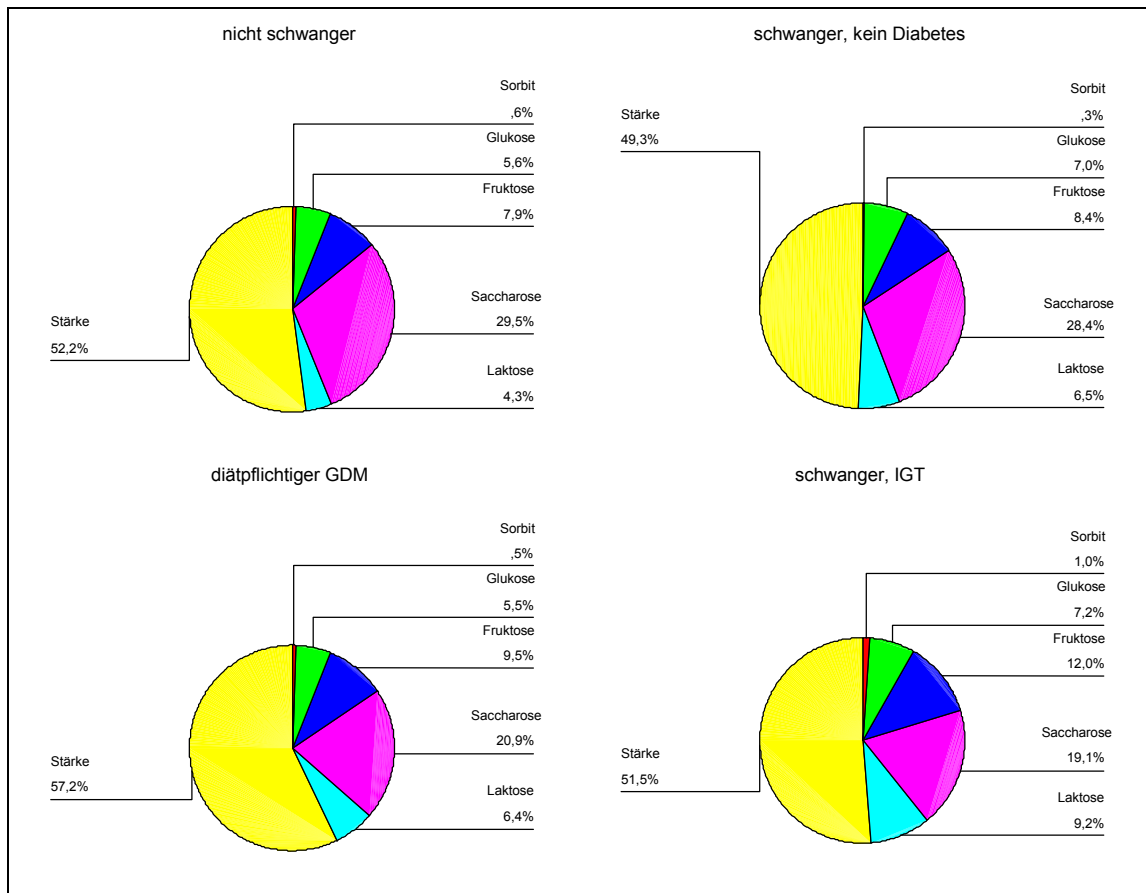


Abb. 17: Zusammensetzung der Kohlenhydrate in Prozenten des Mittelwerts der totalen Zufuhr.

Die Kohlenhydratzusammensetzung unterscheidet sich hauptsächlich hinsichtlich des Anteils an Stärke sowie an Saccharose.

Bei den Diabetikerinnen ist der prozentuale Anteil an Stärke mit 57 % größer als bei allen anderen Gruppen (50- 52 %). Die Nichtschwangeren nahmen signifikant mehr Stärke (total) zu sich als die Schwangeren ohne Diabetes (p- Wert: 0,041) und die Schwangeren mit IGT (p- Wert: 0,017).

In Bezug auf die totale und die prozentuale Zufuhr von Saccharose nahmen die glukosestoffwechselgesunden Probandinnen mehr Saccharose zu sich als die Schwangeren mit IGT (p- Werte: 0,040 (Nichtschwangere) und 0,031 (Schwangere)).

Auch im Vergleich der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren mit den



Diabetikerinnen ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede ( $p=0,011$ ) in Bezug auf die prozentuale Zufuhr von Saccharose.

### 3.2.2.5 Zufuhr von Proteinen

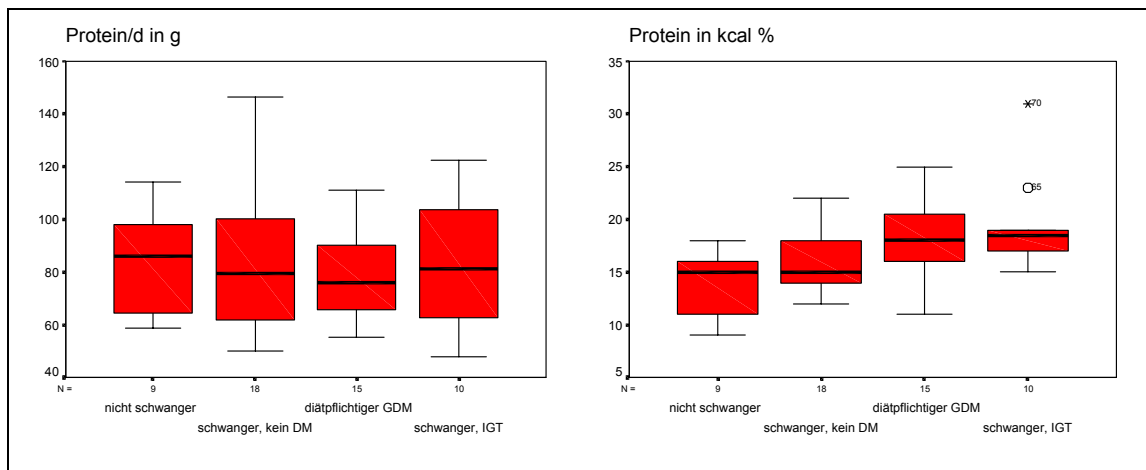


Abb. 18: Eiweißzufuhr angegeben in Gramm (links) und in Prozent des Brennwertes (rechts).

Während sich die totale Eiweißzufuhr kaum unterscheidet, ist sie, bezogen auf den Brennwert, signifikant unterschiedlich (Kruskal- Wallis-  $p=0,015$ ). Zu den p- Werten s. 3.2.2.3.

Den höchsten Anteil an Eiweiß nahmen die Schwangeren mit einer eingeschränkten Glukosetoleranz zu sich (im Median 18,50 kcal% und 81 g ) der niedrigste Anteil mit einem Median von jeweils 15,00 kcal% fand sich bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren (79 g) und Nichtschwangeren (86 g). Bei den Diabetikerinnen lag der Anteil bei 18,00 kcal% und 76 g.

Bezogen auf das Soll- Gewicht nach Broca betrug die Proteinzufuhr in den Gruppen zwischen 2,35 g/ kg KSG und 2,61 g/kg KSG. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

### 3.2.2.6 Fettzufuhr

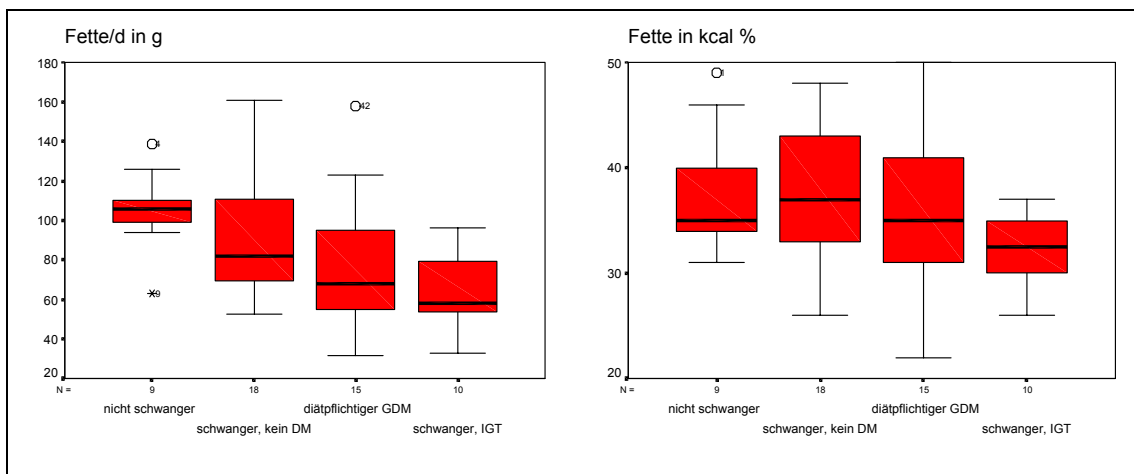


Abb. 19: Fettzufuhr angegeben in Gramm (links) und in Kalorienprozent (rechts).

Am meisten Fett nahmen mit einem Median von 106 g (35 kcal%) die nichtschwangeren Probandinnen zu sich, gefolgt von den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren (Median 82 g bzw. 37 kcal%) und den diabetischen Schwangeren (Median 68 g und 35 kcal%). Die niedrigste Fettzufuhr war bei den Schwangeren mit einer eingeschränkten Glukosetoleranz mit einem Median von 58 g (33 kcal%) zu finden.

Die Schwangeren mit IGT nahmen sowohl bezüglich ihrer totalen als auch ihrer prozentualen Zufuhr signifikant weniger Fette zu sich als die glukosestoffwechselgesunden Gruppen (Nichtschwangere: p- Werte: 0,000 und 0,035, Schwangere: 0,040 bzw. 0,033). Auch die diabetischen Schwangeren konsumierten, hinsichtlich der prozentualen Zufuhr, weniger Fette als die Nichtschwangeren (p- Wert: 0,018).

### 3.2.2.7 Zufuhr von Ballaststoffen

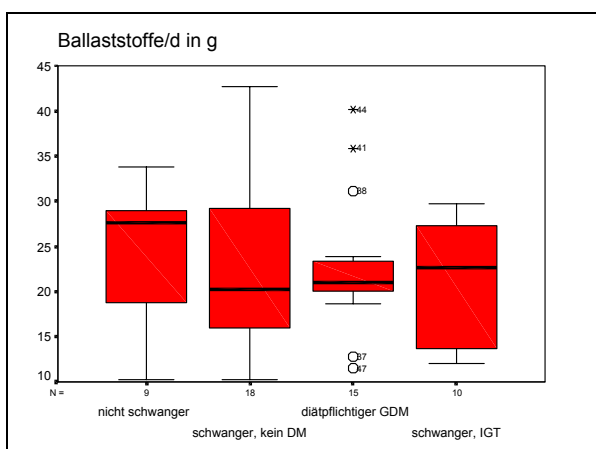


Abb. 20: Zufuhr von Ballaststoffen, angegeben in g.

Der Median der Ballaststoffzufuhr bewegte sich zwischen 20 g (nichtdiabetische Schwangere) und 28 g (Nichtschwangere). Bei den Schwangeren mit Problemen der Glukosetoleranz lag der Median bei 21 (GDM) und 23 g (IGT). Zwischen den Gruppen ergaben sich keine Unterschiede.

### 3.2.2.8 Zufuhr von in der Schwangerschaft oft kritischen Mikronährstoffen

Schwangere haben an bestimmten Mikronährstoffen einen erhöhten Bedarf. Um über dessen Deckung eine Aussage machen zu können, wurde die Zufuhr von Kalzium, Eisen, Jod sowie der Vitamine A, C, E und Folsäure mit der Nahrung untersucht. Nahrungssupplemente wurden nicht berücksichtigt.

Die Zufuhr der jeweiligen Mikronährstoffe ist im Folgenden aufgeführt:

Tab. 16: Zugeführte Mikronährstoffe

		nicht schwanger, kein DM, n= 9	schwanger, kein DM, n= 18	Diätpflichtiger GDM, n= 15	schwanger, IGT, n= 10	Insgesamt, n= 52	Kruskal-Wallis- p-Wert	Mann-Whitney- p-Wert
Kalzium/d in mg	MW ± SD Median	1103± 486 1086	924± 416 946	827± 260 862	994± 375 1016	941± 384 934	0,479	
Eisen/d in mg	MW ± SD Median	15± 4 15	13± 4 13	13± 3 13	11± 3 10	13± 4 13	0,074	ad: 0,018
Jod/d in µg	MW ± SD Median	98± 37 95	108± 64 96	86± 30 82	86± 53 80	99± 53 86	0,754	
Vitamin A/d in mg	MW ± SD Median	0,68± 0,28 0,61	0,76± 0,48 0,63	0,46± 0,24 0,39	0,54± 0,68 0,35	0,62± 0,45 0,48	0,012	ac: 0,025 ad: 0,004 bc: 0,044 bd: 0,024
Vitamin C/d in mg	MW ± SD Median	102± 46 98	123± 58 122	113± 63 117	122± 89 81	116± 63 98	0,826	
Vitamin E/d in mg	MW ± SD Median	16± 8 16	10± 3 10	10± 5 9	10± 4 8	11± 5 10	0,043	ab: 0,011 ac: 0,021 ad: 0,022
Folsäure/d in µg	MW ± SD Median	319± 106 310	444± 375 284	307± 139 284	243± 74 222	344± 247 281	0,198	

Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Zufuhr von Kalzium, Jod, Vitamin C und Folsäure festgestellt werden.

Die Gruppe der nichtschwangeren Frauen nahm signifikant mehr Eisen zu sich als die Frauen mit eingeschränkter Glukosetoleranz (p- Wert: 0,018).

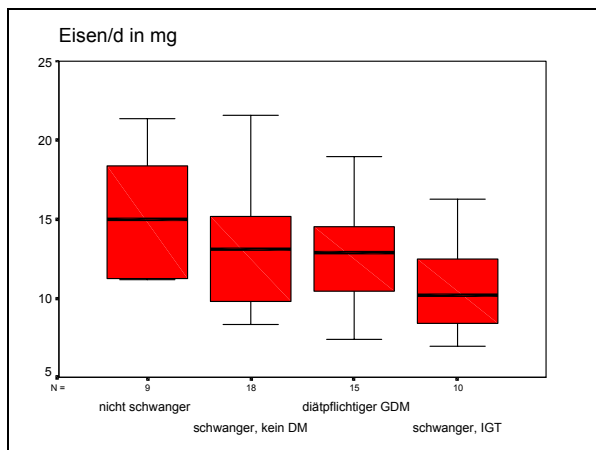


Abb. 21: Vergleich der Eisenzufuhr.

Bezüglich der Zufuhr von Vitamin E ergab sich ein Unterschied nach Kruskal- Wallis mit einem p- Wert von 0,043.

Die nichtschwangeren Frauen nahmen signifikant mehr Vitamin E zu sich als die anderen untersuchten Gruppen (im Vergleich mit den gesunden Schwangeren p- Wert: 0,011, mit den Gestationsdiabetikerinnen p- Wert: 0,021 und mit den IGTs 0,022).

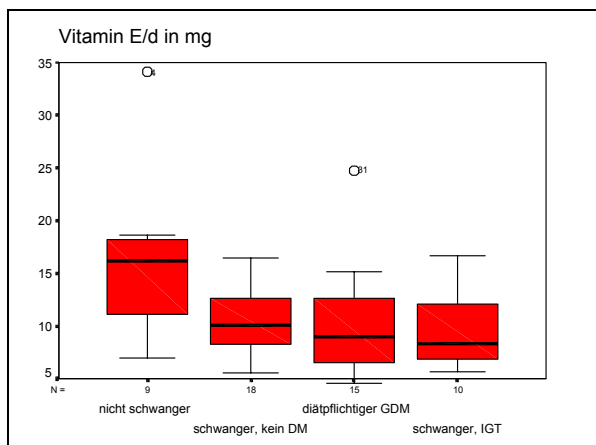


Abb. 22: Vergleich der täglichen Vitamin E- Zufuhr.

Beim Kruskal- Wallis- Test der Vitamin A- Zufuhr wurde ein p- Wert von 0,012 berechnet. Die Gestationsdiabetikerinnen nahmen signifikant weniger zu sich als die beiden glukosestoffwechselgesunden Gruppen (Nichtschwangere: p- Wert: 0,025, Schwangere 0,044). Auch bei den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz ergab sich eine signifikant niedrigere Zufuhr von Vitamin A als bei den Nichtschwangeren (p- Wert: 0,004) und den gesunden Schwangeren (p- Wert: 0,024).

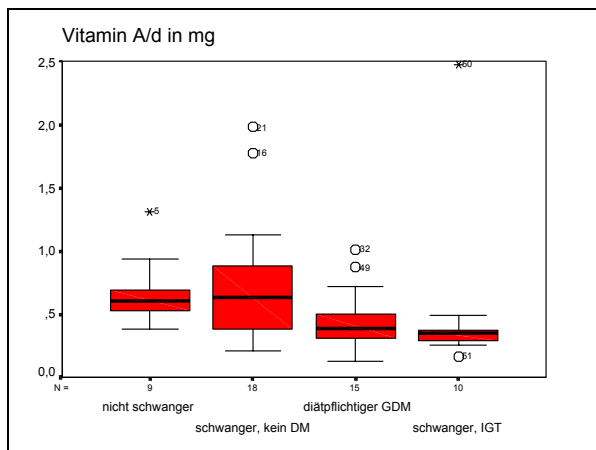


Abb. 23: Vergleich der täglichen Vitamin A- Zufuhr.

### 3.2.3 Zusammenhänge zwischen Nährstoffzufuhr und Glukoseprofil

Es wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt bei der die Nährstoffzufuhr auf die Parameter des Glukoseprofils bezogen wurden. In den Tabellen sind alle Korrelationen dargestellt. Statistisch signifikante Zusammenhänge werden zusätzlich in einem Streudiagramm gezeigt. Dabei wurden die Zusammenhänge über einen Zeitraum von 48 h dargestellt.

#### 3.2.3.1 Energiezufuhr und Glukosemessung

Es wurden folgende Korrelationen zwischen Energiezufuhr und den verschiedenen Parametern der Glukosemessung berechnet:

Tab. 17: Korrelationen zwischen Energiezufuhr und Glukosemessung

		Nicht schwanger	Schwanger, kein Diabetes	Diätpflichtiger GDM	Schwanger, IGT
		Energie			
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,568	,061	-,350	-,369
	Signifikanz (2-seitig)	,111	,809	,201	,294
	N	9	18	15	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,441	-,095	,484	,132
	Signifikanz (2-seitig)	,234	,736	,094	,755
	N	9	15	13	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,450	,469	,016	,016
	Signifikanz (2-seitig)	,225	,078	,958	,969
	N	9	15	13	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,306	,458	,038	,062
	Signifikanz (2-seitig)	,424	,086	,901	,885
	N	9	15	13	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,383	,527	,067	,132
	Signifikanz (2-seitig)	,308	,043	,827	,755
	N	9	15	13	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,315	,498	-,001	,200
	Signifikanz (2-seitig)	,408	,059	,998	,635
	N	9	15	13	8

In der Gruppe der gesunden Schwangeren korreliert die Zeitdauer in der Werte über 140 mg/dl gemessen wurden statistisch signifikant mit der Brennwertzufuhr mit einem Pearson- Koeffizienten von 0,527 (p- Wert: 0,043).

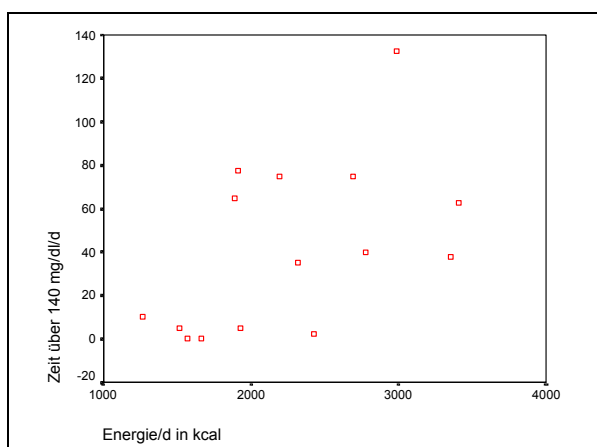


Abb. 24: Streudiagramm der Energiezufuhr bezogen auf die Dauer, in der Werte über 140 m/dl gemessen wurden (gesunde Schwangere)

### 3.2.3.2 Anzahl der Mahlzeiten und Glukosemessung

Statistische Zusammenhänge zwischen der Anzahl der verzehrten Mahlzeiten und dem Glukoseprofil:

Tab. 18: Korrelationen zwischen Anzahl der Mahlzeiten und Glukosemessung

		Nicht schwanger	Schwanger, kein Diabetes	Diätpflichtiger GDM	Schwanger, IGT
		Anzahl			
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,218	-,082	-,367	-,223
	Signifikanz (2-seitig)	,572	,746	,179	,537
	N	9	18	15	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,250	-,104	,518	,121
	Signifikanz (2-seitig)	,516	,712	,070	,776
	N	9	15	13	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,249	<b>,519</b>	-,167	,061
	Signifikanz (2-seitig)	,518	<b>,048</b>	,586	,886
	N	9	15	13	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,200	,501	-,270	,247
	Signifikanz (2-seitig)	,605	,057	,372	,556
	N	9	15	13	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,280	,445	-,339	,367
	Signifikanz (2-seitig)	,465	,096	,257	,372
	N	9	15	13	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,257	,375	-,399	,407
	Signifikanz (2-seitig)	,504	,169	,176	,317
	N	9	15	13	8

Nur bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren korrelierte die Anzahl der zugeführten Mahlzeiten positiv mit der Dauer, in der Glukosekonzentrationen über 120 mg/dl gemessen wurden (Korrelationskoeffizient 0,516, p- Wert: 0,048).

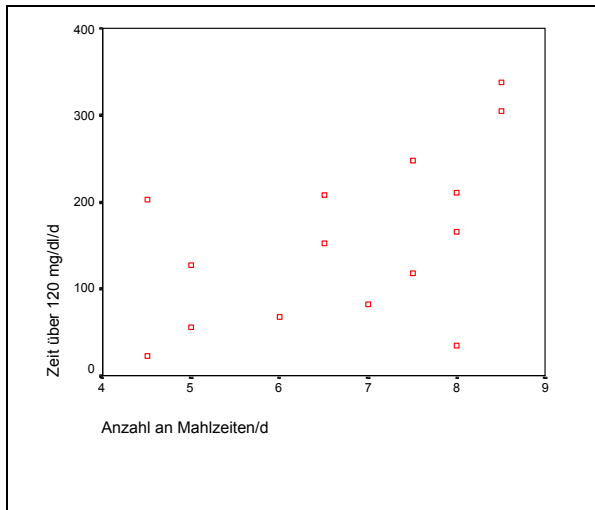


Abb. 25: Anzahl der zugeführten Mahlzeiten im Zusammenhang mit der Zeitdauer, in der Werte über 120 m/dl gemessen wurden (gesunde Schwangere).

### 3.2.3.3 Glukosemessung und Kohlenhydratzufuhr

Die Korrelationen zwischen der totalen und der prozentualen Gesamt- Kohlenhydratzufuhr sind im Folgenden beschrieben.

Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Tab. 19: Korrelationen zwischen Kohlenhydratzufuhr und Glukosemessung

		Nicht schwanger		schwanger, kein Diabetes		Diätpflichtiger GDM		schwanger, IGT	
		KH g	KH %	KH g	KH %	KH g	KH %	KH g	KH %
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,388	,055	,054	-,017	-,322	-,009	-,391	-,107
	Signifikanz (2-seitig)	,302	,888	,832	,948	,242	,975	,263	,768
	N	9	9	18	18	15	15	10	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,133	-,228	-,196	-,268	,522	,210	,258	,611
	Signifikanz (2-seitig)	,733	,556	,484	,335	,067	,492	,538	,107
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,548	-,315	,387	,058	-,182	-,318	-,076	-,441
	Signifikanz (2-seitig)	,127	,409	,154	,836	,551	,290	,858	,274
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,580	-,565	,342	-,023	-,225	-,412	-,009	-,327
	Signifikanz (2-seitig)	,102	,113	,213	,935	,460	,162	,983	,429
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,633	-,585	,421	,023	-,173	-,364	,069	-,262
	Signifikanz (2-seitig)	,067	,098	,118	,935	,573	,221	,871	,532
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,614	-,658	,399	,022	-,200	-,290	,130	-,248
	Signifikanz (2-seitig)	,078	,054	,141	,937	,512	,336	,759	,553
	N	9	9	15	15	13	13	8	8

In der nächsten Tabelle sind die Zusammenhänge zwischen der Zufuhr der Monosaccharide Sorbit, Glukose und Fruktose aufgeführt:

Tab. 20: Korrelationen zwischen Monosaccharidzufuhr und Glukosemessung

		Nicht schwanger			Schwanger, kein DM			GDM			IGT		
		Sorbit	Glu	Fru	Sorbit	Glu	Fru	Sorbit	Glu	Fru	Sorbit	Glu	Fru
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,376	,064	-,208	,289	,299	,370	,080	,286	,200	-,021	-,335	-,133
	Signifikanz (2-seitig)	,318	,869	,591	,244	,228	,131	,778	,301	,474	,955	,344	,715
	N	9	9	9	18	18	18	15	15	15	10	10	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,515	-,002	,226	-,123	-,290	-,319	,188	-,017	-,040	-,391	,176	-,255
	Signifikanz (2-seitig)	,156	,995	,558	,662	,294	,247	,539	,955	,897	,338	,676	,542
	N	9	9	9	15	15	15	13	13	13	8	8	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,271	-,124	-,335	,401	,469	,526	,095	,225	,119	-,016	,061	,077
	Signifikanz (2-seitig)	,480	,751	,378	,138	,078	,044	,757	,461	,699	,970	,885	,857
	N	9	9	9	15	15	15	13	13	13	8	8	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,307	-,436	-,490	,328	,379	,424	-,057	,090	-,025	-,178	,161	-,023
	Signifikanz (2-seitig)	,422	,241	,181	,233	,163	,115	,852	,770	,936	,673	,704	,958
	N	9	9	9	15	15	15	13	13	13	8	8	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,356	-,478	-,527	,505	,417	,521	-,104	-,030	-,077	-,216	,215	-,030
	Signifikanz (2-seitig)	,347	,193	,145	,055	,122	,047	,735	,921	,802	,607	,609	,943
	N	9	9	9	15	15	15	13	13	13	8	8	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,328	-,607	-,543	,444	,453	,556	-,185	-,083	-,134	-,177	,214	,006
	Signifikanz (2-seitig)	,389	,083	,131	,098	,090	,031	,546	,789	,663	,675	,611	,988
	N	9	9	9	15	15	15	13	13	13	8	8	8

Bei den gesunden Schwangeren konnten folgende statistisch signifikante Korrelationen bestimmt werden: Die totale Zufuhr von Fruktose korrelierte mit der Zeitdauer, in der Werte über 120 mg/dl, 140 mg/dl und 150 mg/dl gemessen wurden.

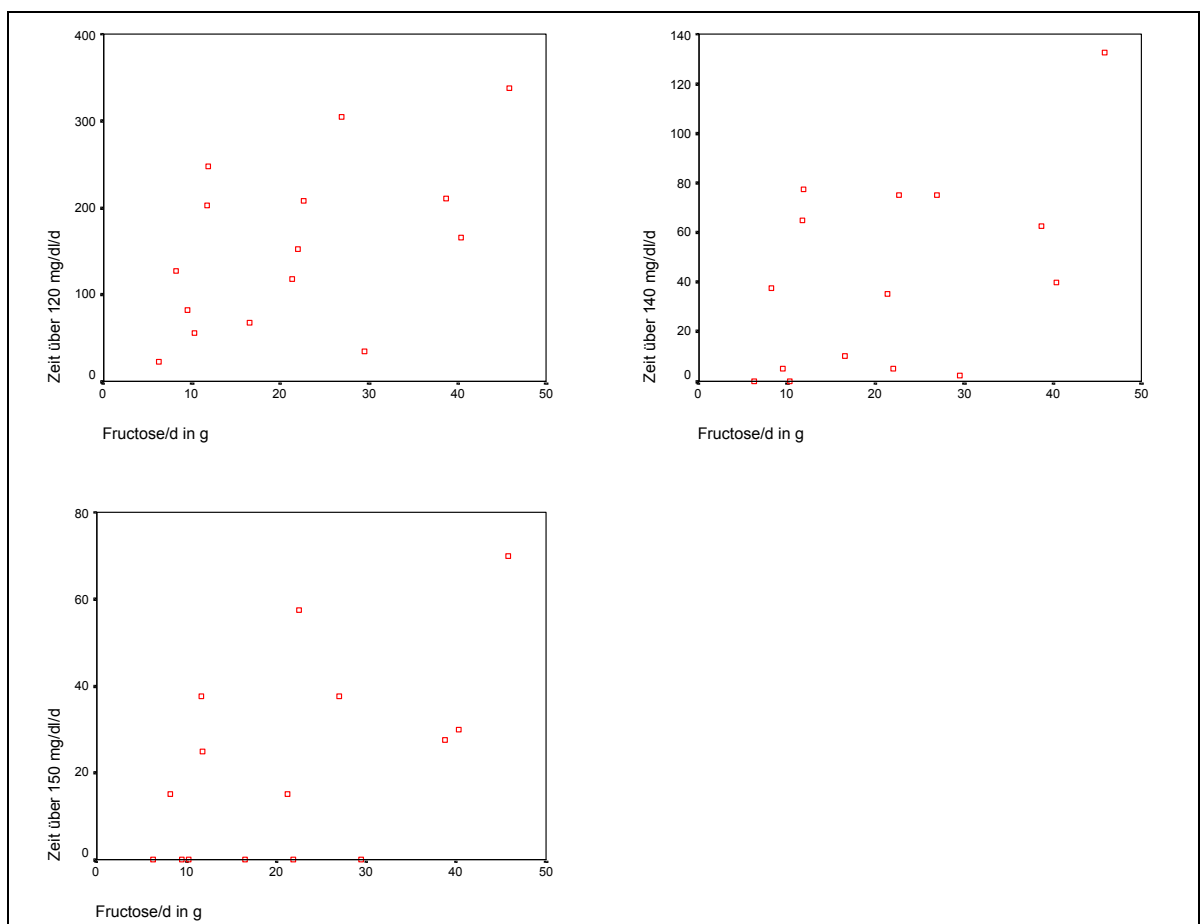


Abb. 26: Streudiagramme, in denen sich die totale Zufuhr von Fruktose auf die Zeitdauern, in denen Glukosekonzentrationen größer als 120 mg/dl, 140 mg/dl und 150 mg/dl gemessen wurden, bezieht (gesunde Schwangere).



Zwischen den Disacchariden Saccharose und Laktose und der Glukosemessung ergaben sich folgende Zusammenhänge:

Tab. 21: Korrelationen zwischen Disaccharidzufuhr und Glukosemessung

		Nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Sa	La	Sa	La	Sa	La	Sa	La
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,192	-,197	,200	,103	-,094	,065	-,111	-,702
	Signifikanz (2-seitig)	,621	,612	,426	,683	,739	,819	,761	,024
	N	9	9	18	18	15	15	10	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,171	-,168	-,295	-,621	,554	,202	,074	,647
	Signifikanz (2-seitig)	,660	,665	,285	,013	,050	,508	,862	,083
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,490	-,273	,438	,176	-,143	,249	,155	-,745
	Signifikanz (2-seitig)	,180	,478	,102	,531	,641	,412	,713	,034
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,508	-,413	,350	,153	-,220	,192	,333	-,721
	Signifikanz (2-seitig)	,163	,270	,201	,585	,470	,530	,420	,044
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,531	-,427	,388	,342	-,191	,204	,453	-,666
	Signifikanz (2-seitig)	,141	,251	,153	,212	,532	,504	,260	,072
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,505	-,495	,352	,310	-,236	,111	,500	-,566
	Signifikanz (2-seitig)	,166	,175	,199	,260	,437	,718	,207	,143
	N	9	9	15	15	13	13	8	8

Bei den gesunden Schwangeren korrelierte die totale Zufuhr von Laktose negativ statistisch signifikant mit einem Koeffizienten nach Pearson von  $-0,621$  mit der Zeitdauer in der Glukosekonzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden (p- Wert: 0,013).

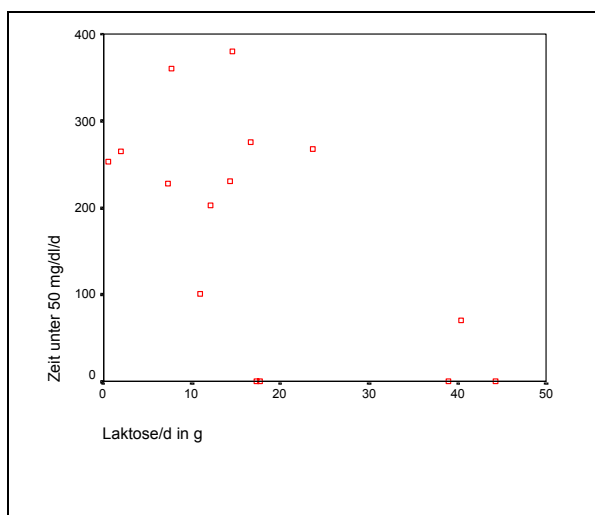


Abb. 27: Streudiagramm, in dem sich die totale Zufuhr von Laktose auf die Zeitdauer in der Glukosekonzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden bezieht (gesunde Schwangere).

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen ergab sich eine statistisch gesehen signifikante Korrelation zwischen der Zufuhr von Saccharose und der Zeitdauer, in der Konzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden (Korrelationskoeffizient: 0,554, p-

Wert: 0,050).

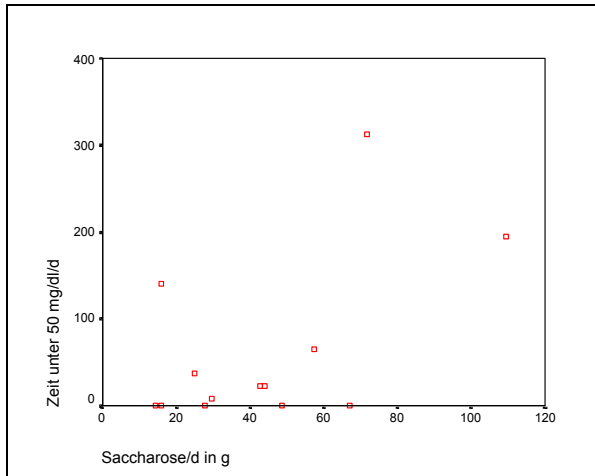


Abb. 28: Streudiagramm, in dem sich die totale Zufuhr von Saccharose auf die Zeitdauer in der Glukosekonzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden bezieht (Gestationsdiabetikerinnen).

Bei den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz ergaben sich statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Zufuhr von Laktose und dem Mittelwert & der Glukosemessung (p- Wert: 0,024) sowie den Zeitdauern, in denen Glukosekonzentrationen über 120 (p- Wert: 0,034) und 130 mg/dl (0,044) gemessen wurden.

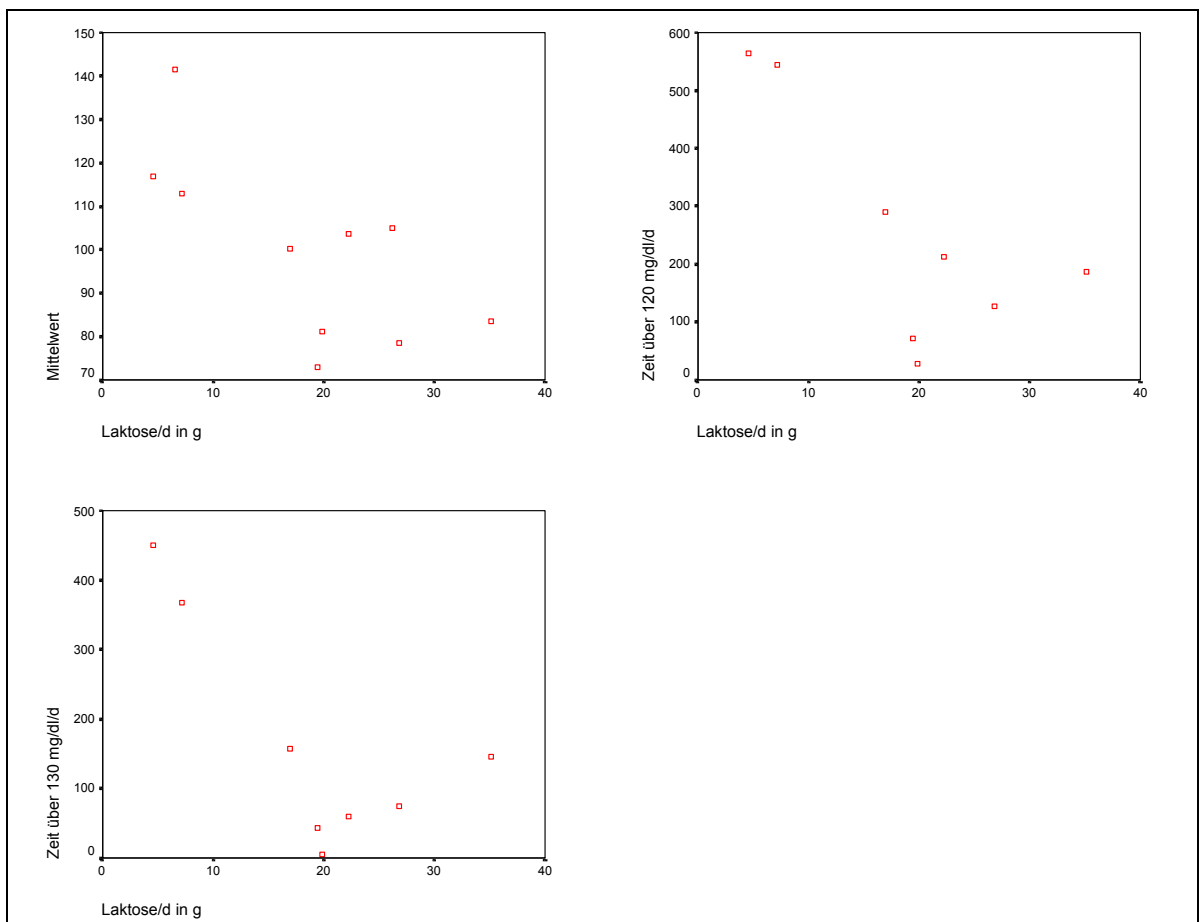


Abb. 29: Streudiagramme, die bei den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz die statistischen Zusammenhänge zwischen der Laktosezufuhr und dem Mittelwert sowie den Zeitdauern, in denen Werte über 120 und 130 mg/dl gemessen wurden, darstellen.

Die Zufuhr des Polysaccharids Stärke korrelierte folgendermaßen mit dem Glukoseprofil:

Tab. 22: Korrelationen zwischen Stärkezufuhr und Glukosemessung

		nicht schwanger	schwanger, kein DM	GDM	IGT
	Stärke				
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,546	-,286	-,688	-,198
	Signifikanz (2-seitig)	,128	,250	,005	,583
	N	9	18	15	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,704	,244	,507	,249
	Signifikanz (2-seitig)	,034	,381	,077	,552
	N	9	15	13	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,193	-,006	-,468	,039
	Signifikanz (2-seitig)	,619	,984	,107	,928
	N	9	15	13	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,028	,044	-,335	,089
	Signifikanz (2-seitig)	,942	,875	,263	,833
	N	9	15	13	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,091	,065	-,192	,129
	Signifikanz (2-seitig)	,816	,817	,530	,760
	N	9	15	13	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,026	,040	-,126	,148
	Signifikanz (2-seitig)	,946	,887	,682	,726
	N	9	15	13	8

In der Gruppe der nichtschwangeren, glukosestoffwechselgesunden Frauen kann ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der totalen Stärkezufuhr und der Zeitdauer, in der Konzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden, festgestellt werden (Pearson- Korrelationskoeffizient: 0,704, p- Wert: 0,034).

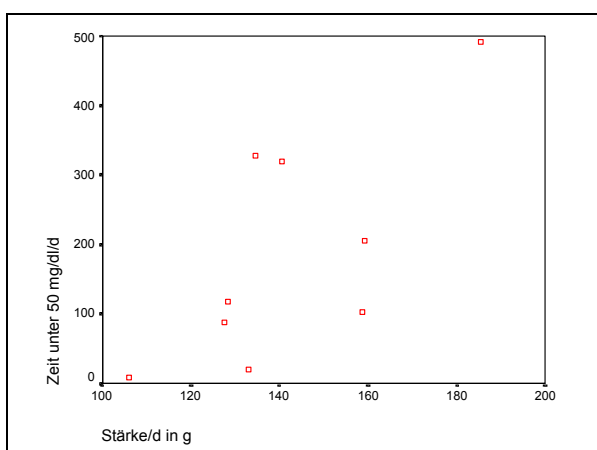


Abb. 30: Streudiagramm, in dem der Zusammenhang zwischen der totalen Stärkezufuhr und der Zeitdauer in der Glukosekonzentrationen unter 50 mg/dl gemessen wurden, dargestellt ist (Nichtschwangere).

Bei den Gestationsdiabetikerinnen konnte festgestellt werden, dass Stärkezufuhr und Mittelwert der Glukosemessung negativ mit einem Korrelationskoeffizienten von  $-0,688$

(p- Wert: 0,005) korrelierten .

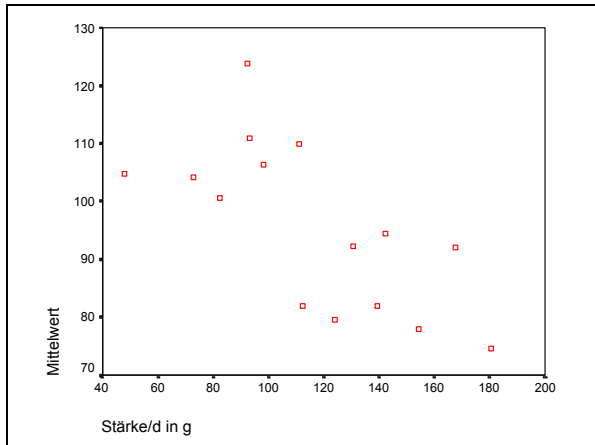


Abb. 31: Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Glukosemessung und der totalen Stärkezufuhr im Streudiagramm bei den Gestationsdiabetikerinnen.

### 3.2.3.4 Proteinzufuhr und Glukosemessung

Die folgende Tabelle stellt die statistischen Zusammenhänge zwischen Proteinzufuhr und den Parametern der Glukosemessung dar.

Tab. 23: Korrelationen zwischen Proteinzufuhr und Glukosemessung

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,256	,225	,022	,044	-,013	,438	-,276	,061
	Signifikanz (2-seitig)	,505	,560	,932	,861	,962	,102	,440	,866
	N	9	9	18	18	15	15	10	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,476	,145	-,089	-,130	,276	-,109	-,062	-,273
	Signifikanz (2-seitig)	,195	,709	,751	,645	,362	,723	,885	,513
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,160	,591	,171	-,318	,059	,062	,106	,087
	Signifikanz (2-seitig)	,681	,094	,542	,248	,847	,841	,802	,838
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,336	<b>,685</b>	,207	-,272	,193	,206	,123	,041
	Signifikanz (2-seitig)	,377	<b>,042</b>	,460	,326	,528	,499	,772	,923
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,251	,662	,272	-,269	,272	,262	,152	-,019
	Signifikanz (2-seitig)	,514	,052	,326	,333	,368	,387	,720	,964
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,249	,611	,191	-,356	,303	,358	,196	-,067
	Signifikanz (2-seitig)	,518	,080	,495	,193	,315	,230	,642	,874
	N	9	9	15	15	13	13	8	8

In der Gruppe der nichtschwangeren Frauen kann eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der prozentualen Eiweißzufuhr der Zeitdauer, in der Glukosekonzentrationen größer als 130 mg/dl gemessen wurden, beschrieben werden.

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt 0,685, bei einem p- Wert von 0,42.

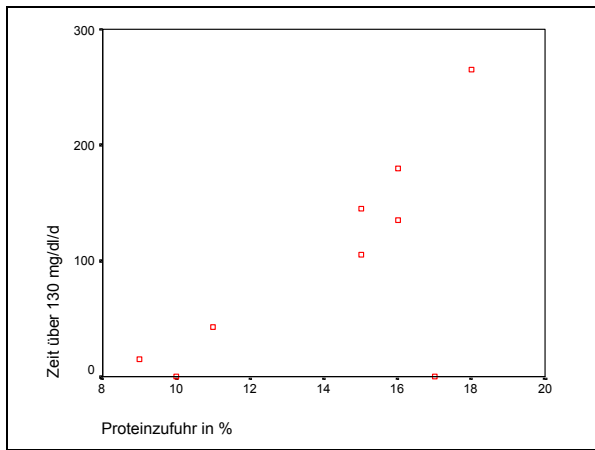


Abb. 32: Streudiagramm der prozentualen Proteinzufuhr und der Zeitdauer, in der Werte über 130 mg/dl gemessen wurden.

### 3.2.3.5 Fettzufuhr und Glukosemessung

Korrelationen zwischen Fettzufuhr und dem Glukoseprofil sind in der nächsten Tabelle dargestellt.

Tab. 24: Korrelationen zwischen Fettzufuhr und Glukosemessung

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,354	,221	,059	,007	-,333	-,171	-,274	-,054
	Signifikanz (2-seitig)	,349	,568	,815	,979	,225	,541	,443	,883
	N	9	9	18	18	15	15	10	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,282	-,083	,104	,303	,273	-,142	-,012	-,205
	Signifikanz (2-seitig)	,462	,831	,711	,273	,367	,645	,977	,625
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,186	,356	,522	,096	,198	,344	,102	,269
	Signifikanz (2-seitig)	,633	,346	,046	,734	,516	,250	,810	,520
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,151	,655	,547	,149	,254	,403	,107	,223
	Signifikanz (2-seitig)	,699	,055	,035	,597	,402	,173	,801	,595
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,125	,713	,578	,099	,235	,338	,162	,245
	Signifikanz (2-seitig)	,748	,031	,024	,724	,440	,258	,701	,558
	N	9	9	15	15	13	13	8	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,283	,848	,567	,133	,124	,225	,229	,300
	Signifikanz (2-seitig)	,460	,004	,028	,636	,685	,460	,586	,470
	N	9	9	15	15	13	13	8	8

In der Gruppe der nichtschwangeren Frauen korreliert die prozentuale Fettzufuhr mit der Zeitdauer in der Werte über 140 mg/dl gemessen wurden (Koeffizient: 0,713, p- Wert: 0,031).

Wird die prozentuale Fettzufuhr mit der Zeitdauer der Werte über 150 mg/dl korreliert, so ergibt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit einem Pearson- Koeffizienten von 0,848 (p- Wert: 0,004).

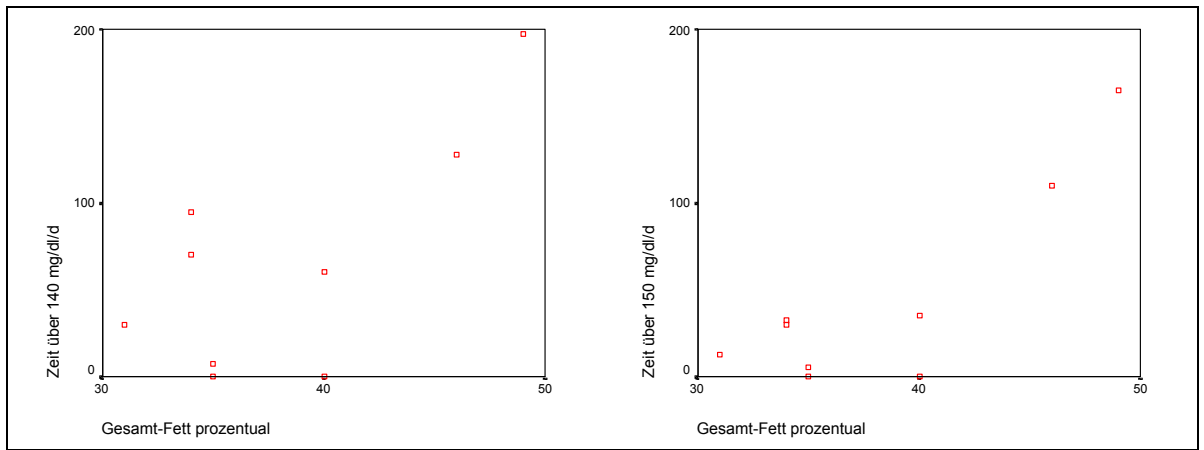


Abb. 33: Streudiagramm der prozentualen Fettzufuhr bezogen auf die Zeitdauer der Werte über 140 mg/dl und 150 mg/dl (Nichtschwangere).

Bei den gesunden Schwangeren ergaben sich folgende Zusammenhänge: Die totale Zufuhr von Fett korrelierte statistisch signifikant mit der Zeitdauer in der Glukosekonzentrationen über 120 mg/dl (Koeffizient: 0,522, p- Wert: 0,046) , 130 mg/dl (0,547, p- Wert: 0,035), 140 mg/dl (Pearson- Koeffizient: 0,578, p- Wert: 0,024) und 150 mg/dl (Koeffizient: 0,567, p- Wert: 0,026) gemessen wurden.

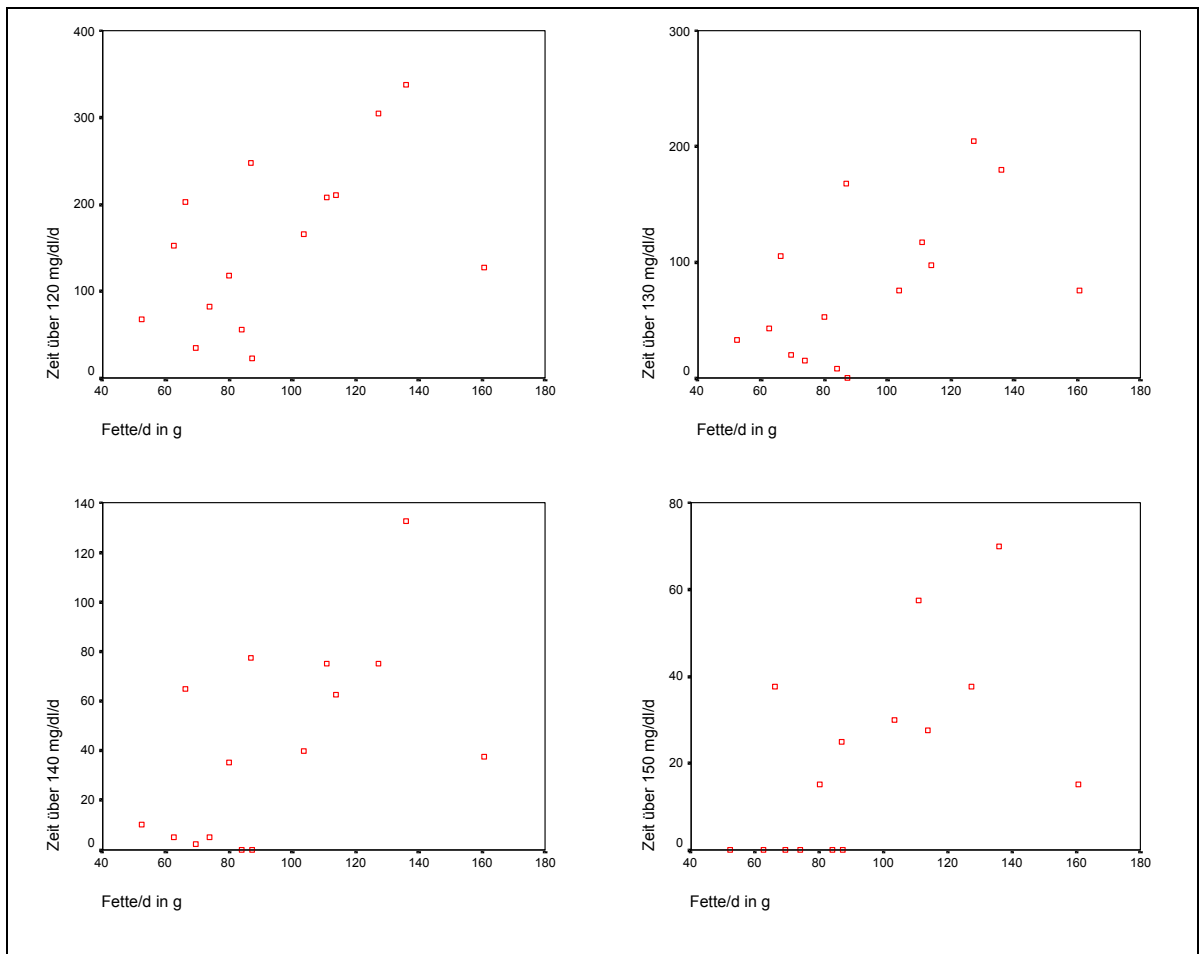


Abb. 34: Streudiagramm der totalen Fettzufuhr bezogen auf die Zeitdauer in der Werte über 120, 130, 140 und 150 mg/dl gemessen wurden (gesunde Schwangere).

### 3.2.3.6 Ballaststoffzufuhr und Glukosemessung

Korrelationen zwischen der Ballaststoffzufuhr und dem Glukoseprofil sind im Folgenden beschrieben.

Tab. 25: Korrelationen zwischen Ballaststoffzufuhr und Glukosemessung

		Nichts schwanger	schwanger, kein DM	GDM	IGT
		Ballaststoff In g			
Mittelwert	Korrelation nach Pearson	-,054	-,311	-,198	-,657
	Signifikanz (2-seitig)	,890	,209	,479	,039
	N	9	18	15	10
Unter 50 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,349	,064	,375	,553
	Signifikanz (2-seitig)	,358	,821	,207	,155
	N	9	15	13	8
Über 120 mg/dl	Korrelation nach Pearson	,146	,079	-,168	-,716
	Signifikanz (2-seitig)	,707	,779	,584	,046
	N	9	15	13	8
Über 130 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,070	,113	-,090	-,695
	Signifikanz (2-seitig)	,858	,690	,771	,056
	N	9	15	13	8
Über 140 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,191	,139	-,099	-,618
	Signifikanz (2-seitig)	,623	,622	,747	,102
	N	9	15	13	8
Über 150 mg/dl	Korrelation nach Pearson	-,359	,110	-,001	-,512
	Signifikanz (2-seitig)	,343	,696	,998	,195
	N	9	15	13	8

Statistisch signifikante Zusammenhänge ergaben sich in der Gruppe der Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz: Die Ballaststoffzufuhr korreliert negativ mit dem Mittelwert der Glukosemessung (Koeffizient: -0,657, p- Wert: 0,039) und der Zeitdauer in der Konzentrationen über 120 mg/dl gemessen wurden (Pearson- Koeffizient: -0,716, p- Wert: 0,046).

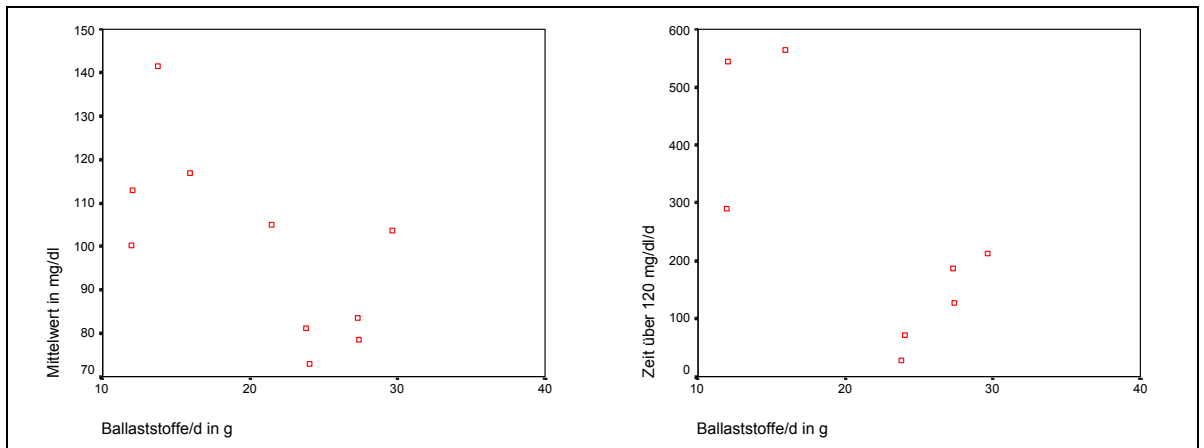


Abb. 35: Streudiagramm der Ballaststoffzufuhr bezogen auf den Mittelwert der Glukosemessung und die Zeitdauer, in der Werte über 120mg/dl gemessen wurden (Schwangere mit IGT)

### 3.3 Auswertung einer einzelnen gemischten Mahlzeit und ihrer Glukosereaktion

Um eine Aussage über den kurzfristigen Glukosestoffwechsel treffen zu können, wurde die Nährstoffzufuhr und die Reaktion des Glukoseprofils auf das Mittagessen als Hauptmahlzeit untersucht.

Es konnten insgesamt vierzig Mahlzeiten ausgewertet werden.

#### 3.3.1 Kurze Beschreibung des Kollektivs

Es wurden insgesamt die Daten von neun Nichtschwangeren, 15 glukosestoffwechselgesunden Schwangeren, 13 schwangeren Diabetikerinnen sowie von sechs Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz ausgewertet.

Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen allen Gruppen in Bezug auf Lebensalter, HbA1c Gewicht vor der Gravidität und BMI. Die Schwangeren unterschieden sich auch nicht bezüglich Gravidität und Parität.

#### 3.3.2 Reaktion des Glukoseprofils

##### 3.3.2.1 Zeitpunkt der Mahlzeit

Mit der Einnahme der Mahlzeit wurde im Median um 13:34 h begonnen.



### 3.3.2.2 Anfangs- und Höchstwerte der periprandialen Glukosemessung

Der Glukosewert zu Beginn der Mahlzeit lag im Median bei den nichtschwangeren Frauen bei 73 mg/dl, bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren bei 78 mg/dl, bei den Gestationsdiabetikerinnen bei 90 mg/dl und bei den Schwangeren mit einer eingeschränkten Glukosetoleranz bei 80 mg/dl. Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

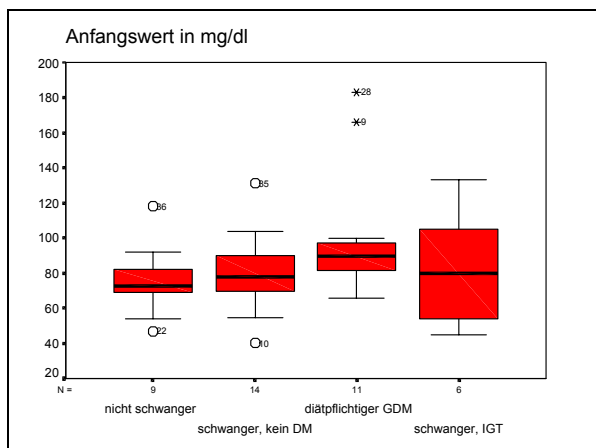


Abb. 36: Die Glukosewerte in mg/dl zum Zeitpunkt des Beginns der Mahlzeit.

Die höchsten Werte, die innerhalb von zwei Stunden nach dem Beginn der Mahlzeit gemessen wurden, waren im Median bei den nichtschwangeren Frauen 117 mg/dl, bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren 104 mg/dl, bei den Gestationsdiabetikerinnen 144 mg/dl und bei den Schwangeren mit IGT 127 mg/dl.

Die Gruppen unterschieden sich insgesamt statistisch gesehen voneinander, der Kruskal-Wallis- Signifikanzwert betrug 0,02. Die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren unterschieden sich auch beim Test nach Mann- Whitney statistisch signifikant von den Schwangeren mit Problemen hinsichtlich der Glukosetoleranz (im Vergleich mit den GDM p- Wert: 0,013 und den IGT 0,015).

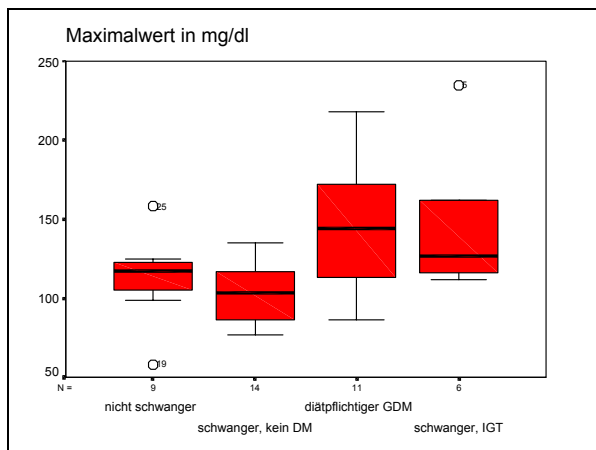


Abb. 37: Die Glukosehöchstwerte nach dem Beginn der Mahlzeit in mg/dl

Die Zeitdauer, der es bedurfte, um diese Höchstwerte zu erreichen, betrug im Median 44 Min bei den Nichtschwangeren, 46 Min bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren, 36 Min bei den Gestationsdiabetikerinnen sowie 63 Min in der Gruppe der Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz.

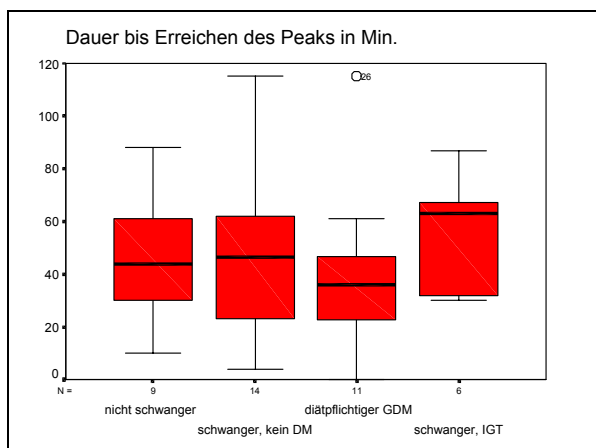


Abb. 38: Zeitdauer, der es bedurfte, um den Maximalwert im Anschluss an die Mahlzeit zu erreichen

### 3.3.2.3 Area under the curve

Außerdem wurde die Fläche unter dem Anstieg der Glukosekurve vom Beginn der Mahlzeit an während 90 min gemessen.

Sie betrug bei den Nichtschwangeren im Median 2105,5 mg/dl\*Min, bei den Schwangeren ohne Probleme bezüglich der Glukosetoleranz 882,5 mg/dl\*Min, bei den Gestationsdiabetikerinnen 1272 mg/dl\*Min und bei den IGT 1808,5 mg/dl\*Min. Hierbei ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

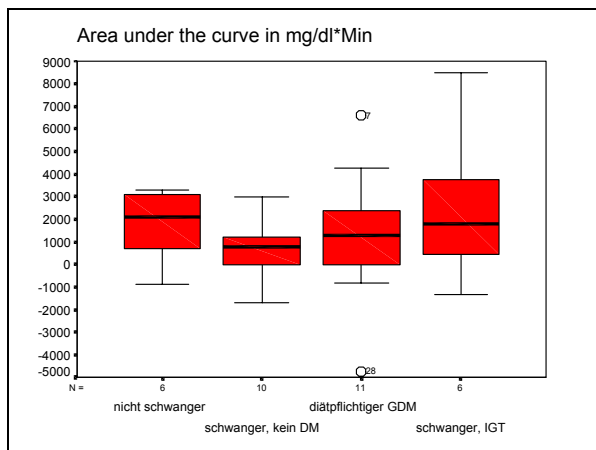


Abb. 39: Die Area under the curve innerhalb von 90 Min nach dem Beginn der Mahlzeit in mg/dl\*Min.

### 3.3.2.4 Parameter der Glukosemessung bezogen auf die Kindsdaten

Parameter der Glukosereaktion wurden in Gruppen über und unter der 90. Gewichtsperzentile nach Voigt aufgetragen.

Tab. 26: Parameter der Glukosereaktion bezogen auf die 90. Gewichtsperzentile

	> 90. Perzentile	n	< 90. Perzentile	n
Peak in mg/dl	124,50	4	117,00	23
AUC in mg/dl*min	2411,00	2	642,00	20

Auch auf die Kinder mit einem Geburtsgewicht von über und unter der 10. Gewichtsperzentile wurden die Glukosereaktionen ihrer Mütter auf eine Mahlzeit bezogen.

Tab. 27: Parameter der Glukosereaktion bezogen auf die 10. Gewichtsperzentile

	> 10. Perzentile	n	< 10. Perzentile	n
Peak in mg/dl	117,50	24	103,00	3
AUC in mg/dl*min	1238,00	19	473,00	3

Aufgrund der geringen Fallzahlen in den Gruppen „> 90. Perzentile“ und „< 10. Perzentile“ wurde nur der Median dargestellt. Es konnten keine statistischen Tests durchgeführt werden.

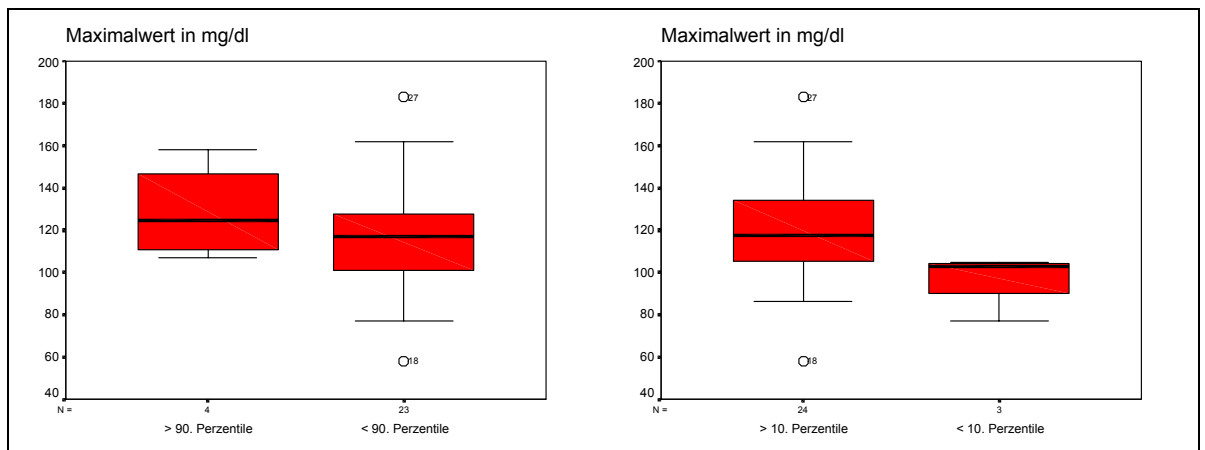


Abb. 40: Maximale Konzentration der Glukosemessung bezogen auf das Über- oder Unterschreiten der 90. und 10. Perzentile nach Voigt

### 3.3.3 Nährgehalt der Mahlzeit

#### 3.3.3.1 Der Brennwertgehalt

Die nichtschwangeren Frauen nahmen bei der Mahlzeit im Median 561 kcal zu sich, bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren waren es 686 kcal, während die GDM und die IGT 369,1 bzw. 429,3 kcal konsumierten.

Die nichtschwangeren Frauen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Energiezufuhr bei dieser Mahlzeit statistisch signifikant von den Schwangeren mit Problemen hinsichtlich des Glukosemetabolismus (p- Werte 0,031 bei Vergleich mit GDM und p- Wert 0,05 bei Vergleich mit IGT).

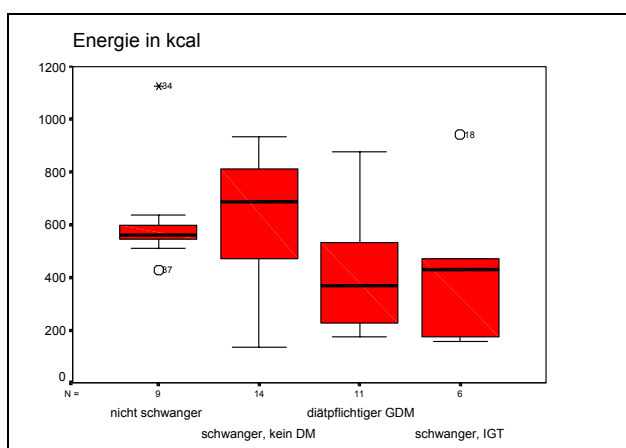


Abb. 41: Brennwertgehalt der Mahlzeit in kcal.

### 3.3.3.2 Kohlenhydratgehalt

Die glukosestoffwechselgesunden nichtgraviden Frauen konsumierten bei der untersuchten Mahlzeit im Median 43 g an Kohlenhydraten, das entspricht 28 % ihrer Energiezufuhr.

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren belief sich die Zufuhr von Kohlenhydraten auf 51 g bzw. 39 % des Brennwertes der Mahlzeit.

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen lag der Konsum im Median bei 50 g bzw. 50 kcal%, bei den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz bei 55 g bzw. 38 kcal%.

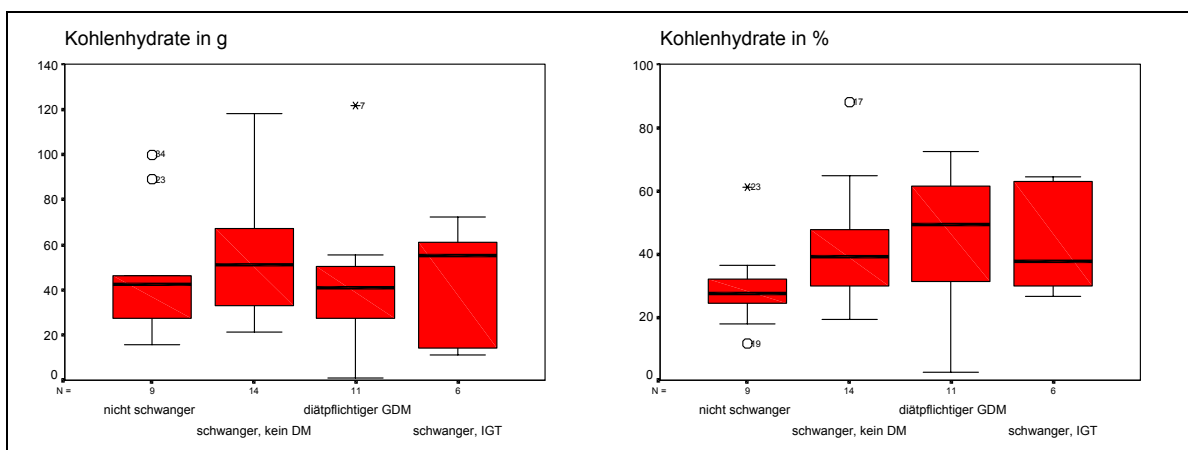
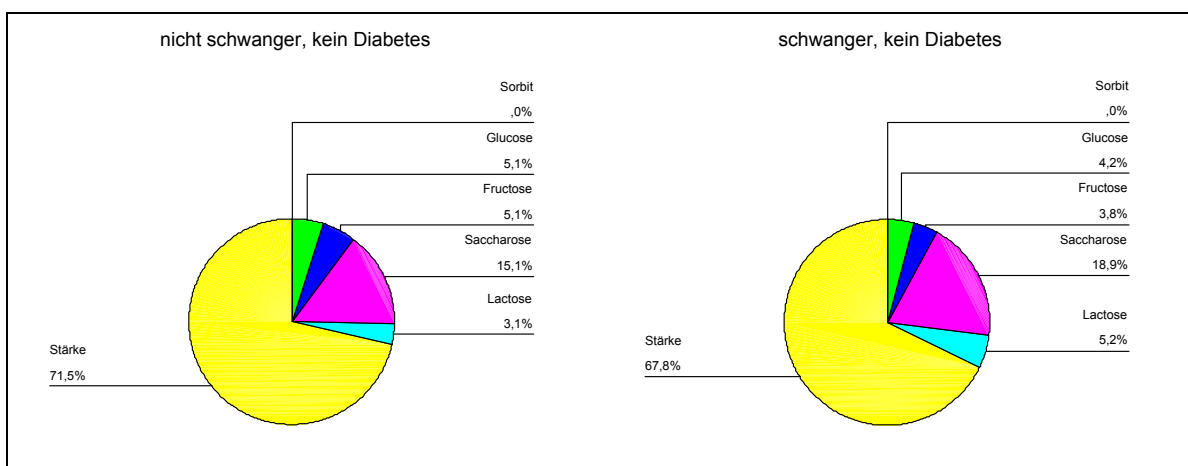


Abb. 42: Kohlenhydratgehalt der Mahlzeit, links total (g), rechts in Brennwertanteilen (kcal- %)

In Bezug auf die Zusammensetzung der zugeführten Kohlenhydrate ergaben sich folgende statistisch signifikanten Unterschiede: Die Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz unterschieden sich hinsichtlich der prozentualen Zufuhr von Saccharose von den Gestationsdiabetikerinnen (p- Wert: 0,037) und in Bezug auf die prozentuale Zufuhr von Stärke von den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren (p- wert: 0,015).

Die Zusammensetzung ist im Folgenden dargestellt:



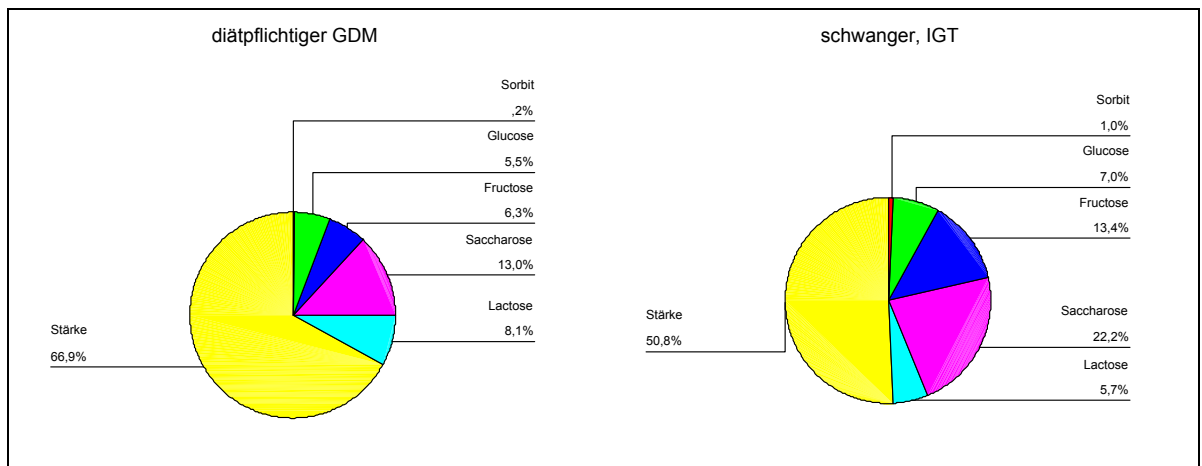


Abb. 43: Zusammensetzung der bei der Mahlzeit zugeführten Kohlenhydrate

Die bei der Mahlzeit zugeführten Kohlenhydrate waren in Form unterschiedlicher Nahrungsmittel verzehrt worden.

In der Gruppe der nichtschwangeren Frauen bestand die Hauptkohlenhydratquelle der Mahlzeit fünfmal aus nichtweißen Backwaren, also aus Vollkorn- oder Graubrot, zweimal aus Nudeln und jeweils einmal aus Backwaren aus Weißmehl und aus Gemüse.

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren wurden folgende Kohlenhydratquellen angegeben: Zweimal Kartoffeln, fünfmal Backwaren aus nichtweißem Mehl, dreimal Backwaren aus weißem Mehl und jeweils einmal Nudeln, Obst oder Limonade, Reis und Sonstige.

Die diabetischen Schwangeren konsumierten Kohlenhydrate zweimal in Form von Kartoffeln, dreimal als nichtweiße Backwaren, zweimal als Weißbrot und jeweils einmal in Form von Pasta, Obst oder Limonade, Reis und Sonstige.

Die Schwangeren mit IGT verzehrten dreimal Kartoffeln und jeweils einmal nichtweiße und weiße Backwaren sowie Nudeln als Hauptkohlenhydratquelle.

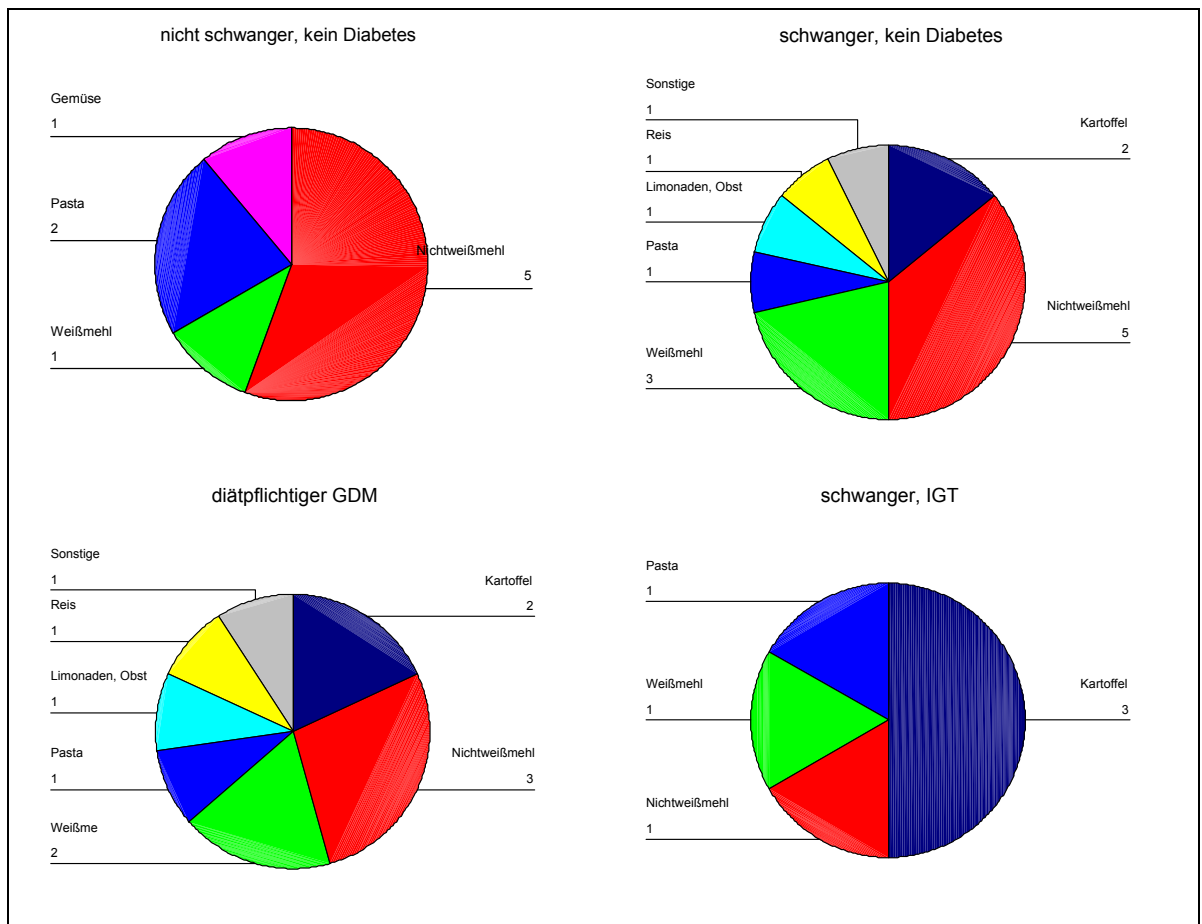


Abb. 44: Anzahl der aufgenommenen Nahrungsmittel, durch die die Hauptmenge der Kohlenhydrate der Mahlzeit zugeführt wurde

### 3.3.3.3 Proteingehalt

Die Mahlzeiten der Nichtschwangeren beinhalteten im Median 19 g Proteine bzw. 14 kcal%, diejenigen der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren 29 g (18 kcal%).

Bei den Gestationsdiabetikerinnen belief sich der Proteinkonsum mit der untersuchten Mahlzeit auf 17 g (19 kcal%), bei den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz auf 23 g, was 21 % der Energiezufuhr entspricht.

Die nichtschwangeren Frauen nahmen prozentual signifikant weniger Proteine zu sich als die Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz. Der p- Wert beträgt 0,05.

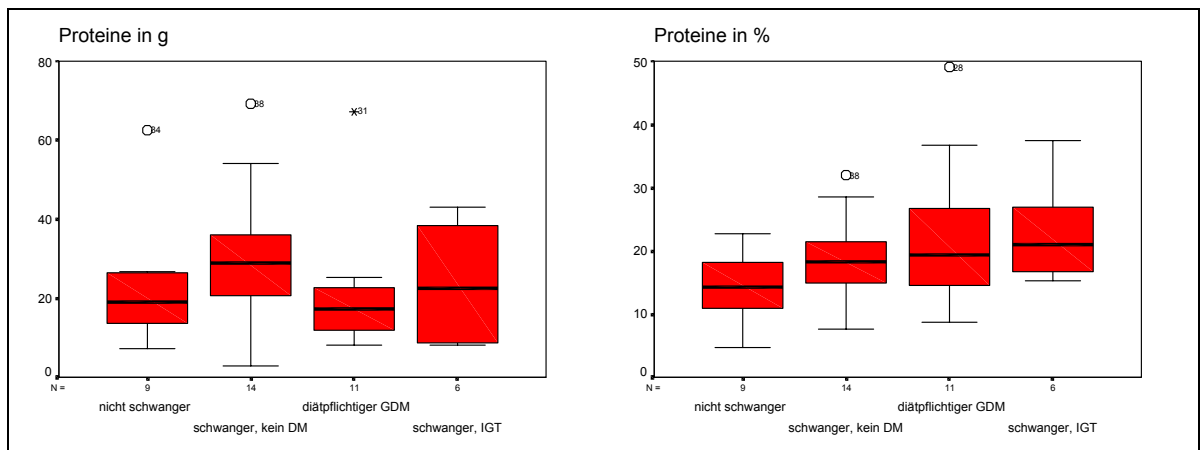


Abb. 45: Proteingehalt der Mahlzeit, links in Gramm, rechts in Prozent der Brennstoffzufuhr.

### 3.3.3.4 Fettgehalt

In der Gruppe der nichtschwangeren Probandinnen wurden bei der untersuchten Mahlzeit 38 g (58 % der Energiezufuhr) an Fetten verzehrt.

Die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren konsumierten im Median 31 g (43 kcal%), die Gestationsdiabetikerinnen 13 g (29 kcal%) und die Schwangeren mit IGT 10 g (33 kcal%).

Die Gruppen unterschieden sich insgesamt sowohl in Bezug auf die totale als auch auf die prozentuale Zufuhr (Kruskal- Wallis- p- Werte: 0,022 und 0,028). Die Nichtschwangeren unterschieden sich in beiden Parametern statistisch signifikant von den Gestationsdiabetikerinnen (p- Werte jeweils 0,006) und von den Schwangeren mit IGT (p- Werte jeweils 0,036). Auch von den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren unterschieden sich die Nichtschwangeren in Bezug auf die prozentuale Zufuhr (p- Wert: 0,023).



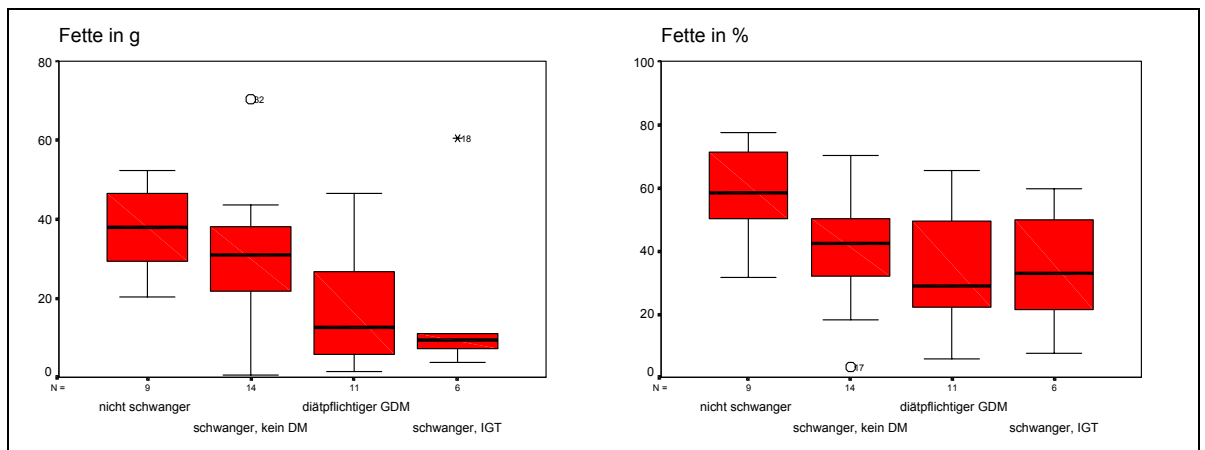


Abb. 46: Fettgehalt der Mahlzeit, links in Gramm, rechts in Prozent der Brennstoffzufuhr.

### 3.3.3.5 Ballaststoffgehalt

Die Nichtschwangeren nahmen bei der untersuchten Mittagsmahlzeit 5 g an Ballaststoffen zu sich.

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren betrug die Zufuhr mit der Mahlzeit im Median 6 g.

In der Gruppe der diabetischen Schwangeren wurden 9 g an Ballaststoffen verzehrt.

Die Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz nahmen 7 g an Ballaststoffen zu sich.

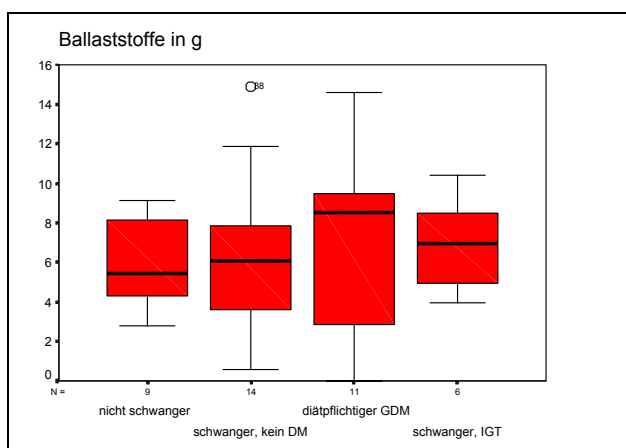


Abb. 47: Ballaststoffgehalt der Mahlzeit in g.

### 3.3.4 Zusammenhänge zwischen Nährstoffzufuhr und Glukosereaktion bei einer einzelnen gemischten Mahlzeit

Auch bei der einzelnen ausgewerteten Mahlzeit wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen der Ernährung und ihrer Glukosereaktion in einem kurzfristigen Zeitrahmen zu beschreiben. Außerdem wurden die Glukosereaktionen auf verschiedene Arten von Kohlenhydratquellen untersucht.

#### 3.3.4.1 Energiegehalt und Glukosereaktion

Es wurden die statistischen Zusammenhänge zwischen Energiegehalt und Glukosereaktion der Mahlzeit berechnet.

Tab. 28: Korrelationen zwischen Energiegehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger	schwanger, kein DM	GDM	IGT
		Energie			
Peak	Korrelation nach Pearson	,197	,185	,323	,100
	Signifikanz (2-seitig)	,611	,528	,332	,851
	N	9	14	11	6
AUC	Korrelation nach Pearson	,133	,010	,666	,372
	Signifikanz (2-seitig)	,802	,978	,025	,467
	N	6	10	11	6

Bei den Gestationsdiabetikerinnen ergab sich zwischen der AUC und der Energiezufuhr ein statistisch signifikanter Zusammenhang (Korrelationskoeffizient nach Pearson: 0,666, p- Wert: 0,025).

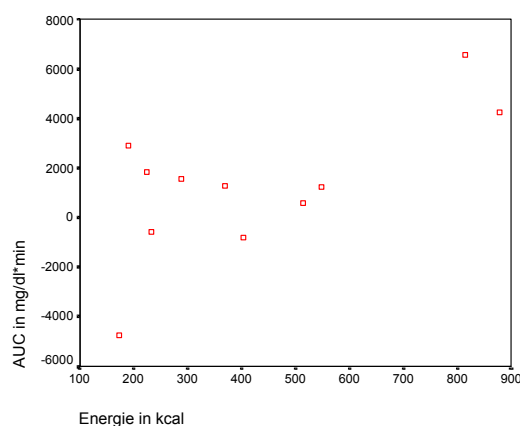


Abb. 48: Streudiagramm der Energiezufuhr bezogen auf die AUC (Gestationsdiabetikerinnen).

### 3.3.4.2 Kohlenhydratgehalt und Glukosereaktion

Statistische Zusammenhänge zwischen der Kohlenhydratzufuhr und der Glukosereaktion der Mahlzeit werden in folgender Tabelle beschrieben.

Tab. 29: : Korrelationen zwischen Kohlenhydratgehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		KH in g	KH in %	KH in g	KH in %	KH in g	KH in %	KH in g	KH in %
Peak	Korrelation nach Pearson	,321	,317	,549	,266	,502	,021	,590	,782
	Signifikanz (2-seitig)	,399	,406	,042	,357	,115	,951	,217	,066
	N	9	9	14	14	11	11	6	6
AUC	Korrelation nach Pearson	,405	,720	,420	,217	,720	,384	,228	,764
	Signifikanz (2-seitig)	,426	,107	,227	,546	,013	,244	,664	,077
	N	6	6	10	10	11	11	6	6

Die gesunden Schwangeren weisen zwischen der totalen Kohlenhydratzufuhr und dem Höchstwert der Glukosemessung (Korrelationskoeffizient; 0,549, p- Wert: 0,042) eine signifikante Korrelation auf.

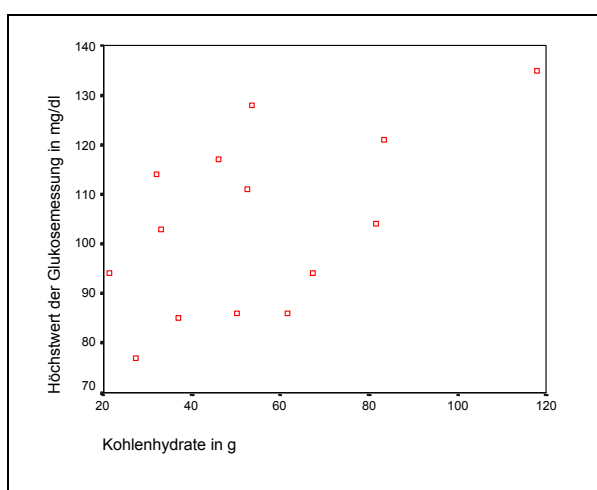


Abb. 49: Streudiagramm der Kohlenhydratzufuhr bezogen auf den Höchstwert der Glukosereaktion (gesunde Schwangere).

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen konnte ein statistischer Zusammenhang zwischen der totalen Kohlenhydratzufuhr und der AUC berechnet werden (Koeffizient: 0,720, p- Wert: 0,013).

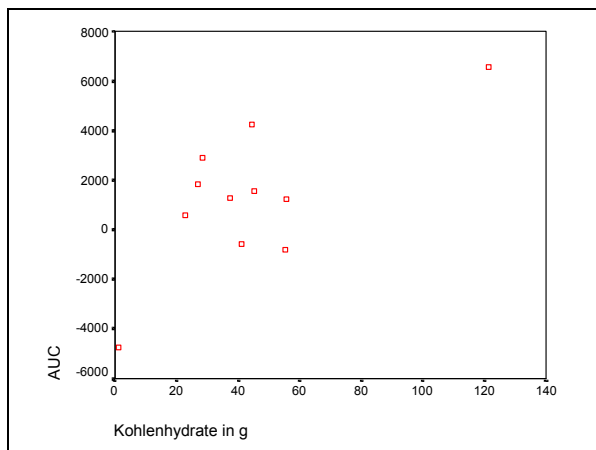


Abb. 50: Streudiagramm der Kohlenhydratzufuhr bezogen auf die AUC (GDM).

Es wurden außerdem die statistischen Zusammenhänge zwischen dem Gehalt an den Monosacchariden Sorbit, Glukose und Fruktose berechnet.

Tab. 30: Korrelationen zwischen Monosaccharidgehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger			Schwanger, ein DM			GDM			IGT		
		So	Glu	Fru	So	Glu	Fru	So	Glu	Fru	So	Glu	Fru
Peak	Korrelation nach Pearson	-,074	-,420	-,407	<b>,569</b>	-,371	-,316	,399	,051	,200	,617	,751	,692
	Signifikanz (2-seitig)	,850	,261	,276	<b>,034</b>	,192	,271	,225	,881	,555	,192	,085	,127
	N	9	9	9	<b>14</b>	14	14	11	11	11	6	6	6
AUC	Korrelation nach Pearson		-,608	-,634	,177	-,392	-,289	-,215	,084	-,070	,550	,791	,660
	Signifikanz (2-seitig)		,200	,177	,624	,262	,418	,525	,805	,837	,258	,061	,154
	N	6	6	6	10	10	10	11	11	11	6	6	6

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Mahlzeit an Sorbit und dem Maximalwert der Glukosemessung (Koeffizient: 0,569, p- Wert: 0,034).

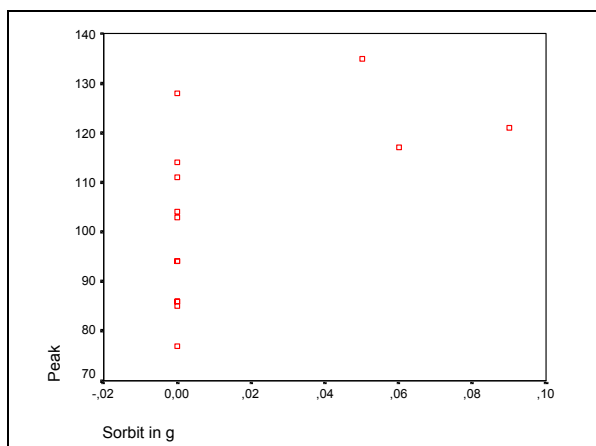


Abb. 51: Streudiagramm des Maximalwerts der Glukosemessung bezogen auf den Sorbitgehalt der Mahlzeit (gesunde Schwangere).

In der nächsten Tabelle sind statistische Zusammenhänge zwischen den Disacchariden Saccharose und Laktose und den Parametern der Glukosereaktion auf die Mahlzeit dargestellt.

Tab. 31: Korrelationen zwischen Disaccharidgehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Sa	La	Sa	La	Sa	La	Sa	La
Peak	Korrelation nach Pearson	,043	,214	,609	,020	,601	,564	,023	,019
	Signifikanz (2-seitig)	,913	,580	,021	,946	,050	,071	,965	,972
	N	9	9	14	14	11	11	6	6
AUC	Korrelation nach Pearson	,123	,441	,093	,198	,617	,702	,426	,221
	Signifikanz (2-seitig)	,816	,381	,799	,584	,043	,016	,399	,674
	N	6	6	10	10	11	11	6	6

In der Gruppe der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Mahlzeit an Saccharose und dem Maximalwert der Glukosemessung.

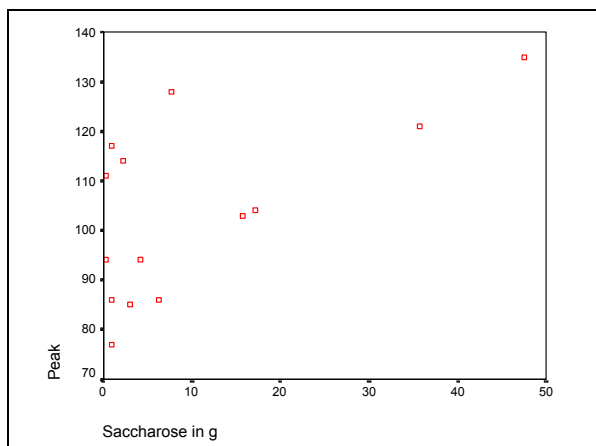


Abb. 52: Streudiagramm, das den Zusammenhang zwischen Saccharosegehalt und Maximalwert der Messung darstellt (gesunde Schwangere).

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen ergaben sich mehrere statistisch signifikante Zusammenhänge: Zum einen zwischen dem Saccharosegehalt und dem Maximalwert der Glukosemessung (Koeffizient: 0,601, p- Wert: 0,050) sowie der AUC (Pearson-Koeffizient: 0,617, p- Wert: 0,043) zum anderen zwischen dem Laktosegehalt und der AUC (Koeffizient: 0,702, p- Wert: 0,016).

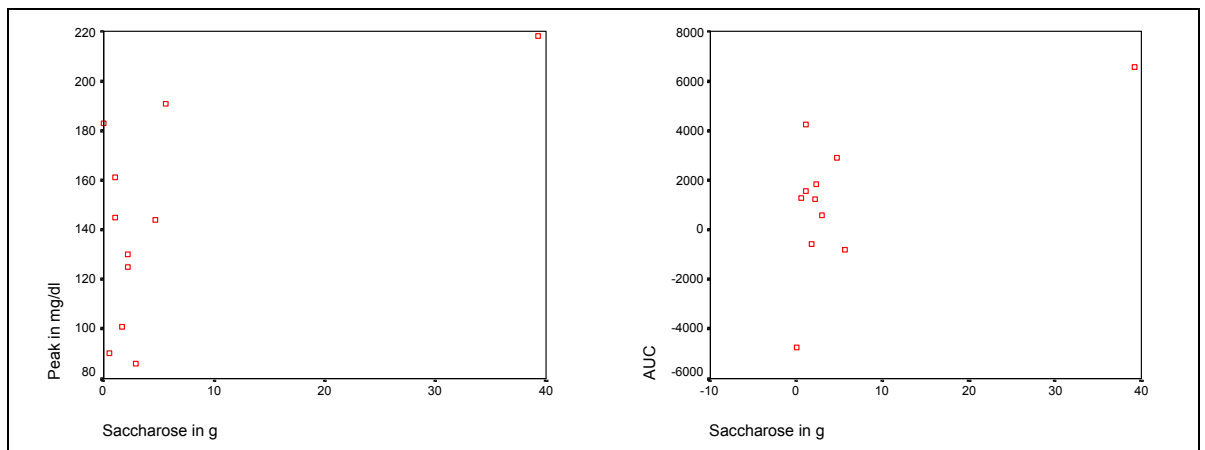


Abb. 53: Streudiagramme, die die Zusammenhänge zwischen Saccharosegehalt und dem Höchstwert sowie der AUC der Glukosemessung darstellen.

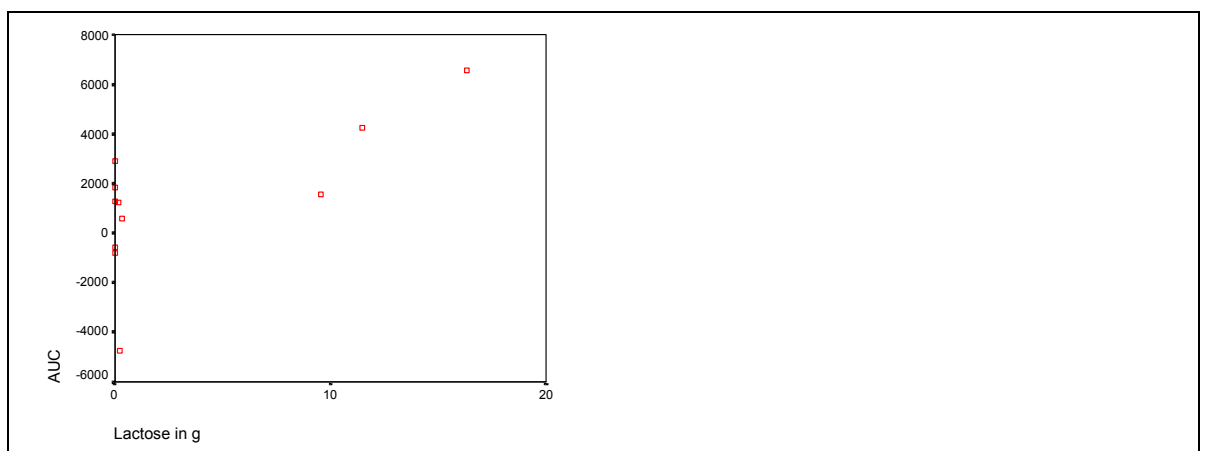


Abb. 54: Streudiagramm, das die Zusammenhänge zwischen dem Laktosegehalt und der AUC darstellt.

Korrelationen zwischen dem Stärkegehalt und der Glukosereaktion sind im Folgenden angegeben. Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Tab. 32: Korrelationen zwischen Stärkegehalt und Glukosereaktion

		Nicht schwanger	schwanger, kein DM	GDM	IGT
Stärke					
Peak	Korrelation nach Pearson	,466	,416	,217	,677
	Signifikanz (2-seitig)	,206	,139	,522	,139
	N	9	14	11	6
AUC	Korrelation nach Pearson	,379	,450	,567	,436
	Signifikanz (2-seitig)	,459	,192	,069	,387
	N	6	10	11	6

In den Gruppen der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren und der Gestationsdiabetikerinnen wurden die Glukosereaktionen auf verschiedene Hauptkohlenhydratquellen untersucht:

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren war die Area under the curve nach dem Verzehr von Kartoffeln im Median 1995 mg/dl\*min, nach nichtweißen Backwaren –

141 mg/dl\*min und nach weißen Backwaren 1036 mg/dl\*min.

Der Glukosehöchstwert nach dem Konsum von Kartoffeln war im Median 111 mg/dl, nach nichtweißen Backwaren 86 mg/dl und nach weißen Backwaren 121 mg/dl.

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen lag die AUC nach dem Genus von Kartoffeln im Median bei 1719,5 mg/dl\*min, nach nichtweißen Backwaren bei 1238 mg/dl\*min und nach weißen Backwaren bei 4081 mg/dl\*min.

Der Höchstwert der Glukosemessung betrug nach dem Verzehr von Kartoffeln 176 mg/dl, nach nichtweißen Backwaren 101 mg/dl und nach weißen Backwaren 181,5 mg/dl.

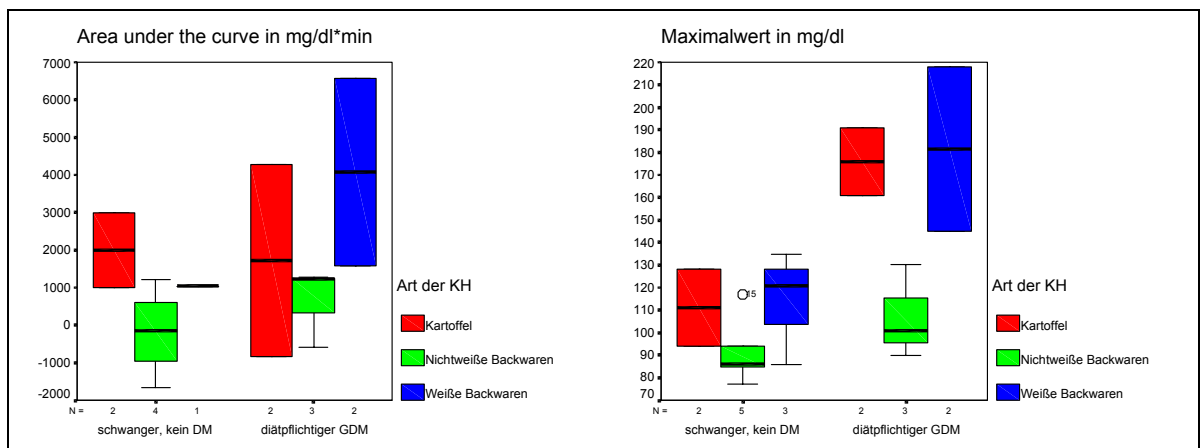


Abb. 55: AUC (links) und Höchstwert der Glukosemessung (rechts) nach dem Konsum verschiedener Kohlenhydratquellen.

### 3.3.4.3 Proteingehalt und Glukosereaktion

Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Proteingehalt und der Glukosereaktion auf die Mahlzeit.

Tab. 33: Korrelationen zwischen Proteingehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %	Protein in g	Protein in %
Peak	Korrelation nach Pearson	,260	,252	-,100	-,310	,185	,075	-,113	-,405
	Signifikanz (2-seitig)	,499	,513	,734	,280	,585	,827	,831	,426
	N	9	9	14	14	11	11	6	6
AUC	Korrelation nach Pearson	,287	,386	,134	,162	,348	-,479	-,441	-,266
	Signifikanz (2-seitig)	,581	,450	,713	,655	,294	,136	,381	,610
	N	6	6	10	10	11	11	6	6

### 3.3.4.4 Fettgehalt und Glukosereaktion

Auch zwischen Fettgehalt und den Parametern der Glukosereaktion ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Tab. 34: Korrelationen zwischen Fettgehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger		schwanger, kein DM		GDM		IGT	
		Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %	Fett in g	Fett in %
Peak	Korrelation nach Pearson	-,157	-,389	-,018	-,155	,037	-,073	-,144	-,486
	Signifikanz (2-seitig)	,687	,301	,953	,598	,915	,832	,785	,328
	N	9	9	14	14	11	11	6	6
AUC	Korrelation nach Pearson	-,486	-,691	-,217	-,263	,382	-,164	-,549	-,582
	Signifikanz (2-seitig)	,329	,128	,548	,462	,246	,630	,260	,226
	N	6	6	10	10	11	11	6	6

### 3.3.4.5 Ballaststoffgehalt und Glukosereaktion

Zwischen dem Ballaststoffgehalt und den Parametern der Glukosereaktion wurden keine statistisch signifikanten Korrelationen festgestellt.

Tab. 35: Korrelationen zwischen Ballaststoffgehalt und Glukosereaktion

		nicht schwanger	schwanger, kein DM	GDM	IGT
		Ballaststoff			
Peak	Korrelation nach Pearson	-,267	-,177	-,147	,539
	Signifikanz (2-seitig)	,488	,545	,667	,270
	N	9	14	11	6
AUC	Korrelation nach Pearson	-,274	,030	,412	,694
	Signifikanz (2-seitig)	,599	,934	,208	,126
	N	6	10	11	6

## 4 Diskussion der Ergebnisse

### 4.1 Methodik und Fehlerquellen

#### 4.1.1 Kontinuierliche Glukosemessung

Die kontinuierliche Glukosemessung misst nicht die Glukosekonzentration im Blut, sondern die Fähigkeit der Glukose im Unterhautfettgewebe mit Hilfe der Glukoseoxidase elektrische Potentiale zu generieren. Deshalb muss sie mindestens viermal täglich durch eine selbstständige Messung kalibriert werden.

Bantle (1997) und Sternberg (1996) stellten einen Zusammenhang im Abstand von 15 min zwischen dem Glukosegehalt im subkutanen Fettgewebe und der Glukosekonzentration im Blut fest. Wie groß die interindividuellen und zirkadianen Unterschiede dieser Zeit sind, ist unklar.

Bode (1999) und Todd (2000) bezifferten die mittlere absolute Differenz zwischen den Werten des SBGM und des CGMS mit 19,1 und 18,0 %. Dabei ist zu bedenken, dass das CGMS mit den Werten des SBGM mit dem es verglichen wurde, auch kalibriert wurde. Dabei sollte zusätzlich bedacht werden, dass bei tragbaren Blutzuckermessgeräten



ebenfalls Messfehler vorliegen (Brunner 1998).

Bei dem von unseren Probandinnen zur Kalibrierung verwendeten Blutzuckermessgerät Accutrend® Sensor ermittelte Dreweck (2001) eine Mittelwertdifferenz von  $-4,01 \text{ mg/dl}$  ( $-3,88 \%$ ) im Vergleich zur Messung nach der Hexokinase-methode.

#### 4.1.2 Statistische Auswertung der Glukosemessung

##### 4.1.2.1 *Mittelwert über 48 h*

Der Mittelwert ist als Parameter zur Beurteilung eines Glukoseprofils kritisch zu bewerten, da er die Möglichkeit bietet, besonders hohe Werte durch besonders niedrige Werte auszugleichen. So ergeben die beiden Einzelwerte 40 und 160 mg/dl den gleichen Mittelwert wie die beiden Einzelwerte 100 und 100 mg/dl. Wir haben uns dafür entschieden, den Mittelwert trotzdem als Parameter auszuwerten, weil dieser sich auch dann gut erstellen und beurteilen lässt, wenn einzelne Glukosewerte, bedingt durch das Meßsystem, fehlen.

##### 4.1.2.2 *Zeitdauer der Hypo- und Hyperglykämien*

Durch teilweise fehlende einzelne Werte im Verlauf der Messung wird eine Auswertung der Zeitdauern, in denen Glukosekonzentrationen über und unter bestimmten Grenzwert gemessen wurden, erschwert.

Deshalb wurden die Glukoseprofile nur dann in die Auswertung einbezogen, wenn mindestens 2480 von 2880 min vorhanden waren, also wenn nicht mehr als 400 min innerhalb von 48 h der Messung fehlten. Das heißt, dass mindestens 86,11 % der Messung vollständig sein mussten.

Diese Grenze wurde willkürlich gezogen, die fehlenden Werte stellen eine Fehlerquelle dar.

Durch die alleinige Bestimmung der Gesamt- Zeitdauer, kann außerdem keine Aussage über die Form der Hyper- und Hypoglykämien gemacht werden; es bleibt unklar, ob es sich um häufige „Spitzen“ oder einmalige aber längerfristige höhere Plateaus handelt.

#### *4.1.2.3 Periprandiale Anfangs- und Höchstwerte*

Die periprandialen Anfangswerte wurden zum Zeitpunkt bestimmt, in dem laut des Protokolls der Probandinnen mit der Einnahme der Mahlzeit begonnen wurde. Die kontinuierliche Glukosemessung ermöglicht es, in sehr engen Zeitabständen alle fünf Minuten die Glukosekonzentration zu bestimmen. Hierbei könnten ungenaue Zeitangaben im Protokoll, die nicht auf fünf Minuten genau sind, eine mögliche Fehlerquelle sein.

Es wurde darauf verzichtet, einzelne postprandiale Konzentrationen nach bestimmten Zeitabständen zu bestimmen, wie es in der Literatur des Öfteren beschrieben wird (s. z. B. Shively 1986). Durch die vielen Messwerte, die durch den kontinuierlichen Sensor zu Verfügung standen, wurde es stattdessen ermöglicht, den Maximalwert nach Einnahme der Mahlzeit in Anlehnung an Nguyen (1994) und Bourdon (1998) zu bestimmen, der die Gesamt- Höhe der Glukosereaktion wesentlich besser beschreibt.

#### *4.1.2.4 Area under the curve*

Als Baseline der AUC wurde der Anfangswert verwendet. Deshalb gilt auch für die AUC was oben hinsichtlich des Zeitpunkts zu Beginn der Mahlzeit erwähnt wurde.

Die AUC drückt die Reaktion auf die Mahlzeit ab einer bestimmten Baseline aus, sie ist kein Maß für die totale Reaktion auf die Mahlzeit, da sie die letztendliche Höhe der Glukosekonzentration nicht berücksichtigt.

Durch den kontinuierlichen Glukosesensor war es möglich, zur Berechnung der AUC innerhalb von 90 Min 45 Einzelkonzentrationen zu verwenden, was eine sehr hohe Genauigkeit verspricht.

Die AUC wurde nach der Trapezoid- Regel bestimmt. Le Floch (1990) evaluierte die Bestimmung der AUC unter einer Glukosekurve mit verschiedenen Methoden der Integration und empfahl die Trapezoid- Methode als einfachste Möglichkeit der Berechnung.

### 4.1.3 Ernährungserhebung

Bezüglich der Ernährungserhebung sollte das so genannte „underreporting“ als Fehlerquelle in Betracht gezogen werden.

Mehrere Autoren (Riumallo 1989, Bandini 1990, Schoeller 1990) haben die Erhebung der Brennwertaufnahme mit Hilfe eines Ernährungstagebuchs mit der verbrauchten Energie, die durch die doppelt gelabelten Wassermethode bestimmt wurde, verglichen. Dabei ergab sich vor allem bei adipösen Patienten eine große Diskrepanz zwischen der aufgeschriebenen Energiemenge und dem gemessenen Energieverbrauch, ohne dass diese im untersuchten Zeitraum einen nennenswerten Gewichtsverlust erlitten. Daraus wird gefolgert, dass diese Gruppe tendenziell bei Befragungen und Ernährungserhebungen mit Hilfe von Tagebüchern geringere Mengen an Nahrungsmitteln angibt, als sie tatsächlich zu sich genommen hat. Dies wird als „underreporting“ bezeichnet.

Auch die Angabe der Menge der Nahrungsaufnahme in Haushaltsgrößen und die anschließende Annahme standardisierter Portionsgrößen birgt Fehlerquellen hinsichtlich der Quantität der beurteilten Nahrungsaufnahme.

### 4.1.4 Statistische Zusammenhänge zwischen Glukosemessung und Ernährung

Die geringen Fallzahlen können bei einer Korrelationsanalyse eine Fehlerquelle darstellen.

Als Alternative zur Berechnung einer Korrelation wäre die weitere Einteilung des Kollektivs nach Ernährungsmerkmalen zu nennen, wie es bei der Beurteilung des Einflusses der Kohlenhydratquellen erfolgt ist. Diese Lösung erscheint uns angesichts der sehr kleinen Fallzahlen, die sich daraus ergeben würden, als nicht angemessen.

Die Korrelationsanalyse erschien uns als bessere Lösung, weil sie nicht willkürlich eingeteilte Gruppen vergleicht, sondern kontinuierliche Zusammenhänge ausdrückt.

## **4.2 Probandinnen**

### **4.2.1 Herkunft, anthropometrische Angaben, Lebensalter und Tabakkonsum**

#### *4.2.1.1 Herkunft*

Die Herkunft unserer Probandinnen aus vielen verschiedenen Ländern, bei dem die Westeuropäerinnen nur einen Anteil von 61,8 % einnehmen, lässt sich mit der Lage des Krankenhauses, an dem die Probandinnen rekrutiert wurden, erklären: Die Bewohner des Berliner Stadtteils Wedding gehören vielen verschiedenen Nationalitäten an, was sich auch auf das untersuchte Kollektiv auswirkte.

Über die Zusammenhänge zwischen der Herkunft der Patientinnen und der Prävalenz eines Gestationsdiabetes wird diskutiert. So sollen unter anderem Frauen aus Mittelmeeraanrainerstaaten häufiger an GDM erkranken als Westeuropäerinnen (Green 1990, Koukkou 1995).

Unser untersuchtes Kollektiv ist zu klein, um Zusammenhänge zwischen der Herkunft und der Prävalenz des GDM erkennen zu können.

#### *4.2.1.2 Alter*

McMahon zeigte 1998 in einen annähernd linearen Zusammenhang zwischen Alter und dem Risiko einen Gestationsdiabetes zu entwickeln. Auch von anderen Autoren werden die Gestationsdiabetikerinnen als älter als das restliche untersuchte Kollektiv beschrieben (u.a. Freinkel 1985, Jacobson 1989, Casey 1997, Joffe 1998).

In unserem Kollektiv waren alle Gruppen von Schwangeren älter als in den oben genannten Publikationen. Der Median bei den Schwangeren insgesamt lag bei 32 Jahren, derjenige der Gestationsdiabetikerinnen bei 34 Jahren. Die Gestationsdiabetikerinnen waren also tatsächlich älter als die anderen Schwangeren. Das insgesamt hohe Alter der Schwangeren hängt wohl zum einen mit einem allgemeinen gesellschaftlichen Trend zur späten Schwangerschaft in Mitteleuropa zusammen, zum anderen muss der Grund darin gesehen werden, dass die Probandinnen in einer Universitätsklinik rekrutiert wurden, in der tendenziell eher Schwangere, die einer Risikogruppe angehören – wie z.B.

Spätgebärende- betreut werden.

#### *4.2.1.3 Gewicht, Body- Mass- Index und Gewichtszunahme*

Mehrere Autoren haben darüber berichtet, dass Gestationsdiabetikerinnen über ein höheres prägravidες Gewicht und einen höheren prägraviden Body- Mass- Index verfügen als die restliche Population der von ihnen untersuchten Schwangeren (u.a. Freinkel 1985, Jacobson 1989, Casey 1997, Joffe 1998). McMahon konnte eine U- förmige Beziehung zwischen dem prägraviden Gewicht und dem Risiko an GDM zu erkranken aufzeigen (McMahon 1998).

Im untersuchten Kollektiv waren die Gestationsdiabetikerinnen vor ihrer Schwangerschaft signifikant schwerer und verfügten über einen signifikant höheren BMI als die anderen Gruppen von Schwangeren. Die Gestationsdiabetikerinnen fallen mit einem BMI von  $27,34 \text{ kg/m}^2$  in den Bereich der Übergewichtigen.

Die Gewichtszunahme in der Schwangerschaft beträgt im Median 11,5 kg. Damit liegen die Schwangeren des Kollektivs in einem Bereich, der in der Literatur als Norm angegeben wird (Diedrich 2000: 9-12 kg).

Allerdings ist hier zu bedenken, dass das aktuelle Gewicht zum Zeitpunkt der Messung, also im Laufe des dritten Trimenons und nicht am Ende der Schwangerschaft erhoben wurde.

Die geringere Gewichtszunahme bei den Gestationsdiabetikerinnen ist deshalb zum einen damit zu erklären, dass sie in einer- allerdings nicht signifikant- früheren Schwangerschaftswoche untersucht wurden, zum anderen damit, dass diese schon vor der Geburt mehr wogen.

#### *4.2.1.4 Tabakkonsum*

Tabakkonsum über 6 Zigaretten pro Tag wurde von McMahon mit einem gering erhöhten Risiko, einen Gestationsdiabetes zu entwickeln, assoziiert.

In unserem Kollektiv wurde er in den Gruppen mit einer Glukosetoleranzstörung häufiger verneint als von den glukosetoleranten Schwangeren. Dies kann zum einen damit

zusammenhängen, dass diese sich aufgrund der Diagnose eines Diabetes oder einer eingeschränkten Glukosetoleranz während der Schwangerschaft für eine bewußtere Lebensführung entschieden haben, zum anderen könnte aber auch der geringere Konsum von Tabak durch die Ersatzbefriedigung Essen ausgeglichen worden sein, was wiederum zu einer verminderten Glukosetoleranz geführt haben könnte.

## 4.2.2 Laborparameter

### 4.2.2.1 OGTT- Werte

Der Vergleich von Werten zwischen Gruppen, die nach diesen Werten eingeteilt wurden, muss zwangsläufig signifikante Unterschiede ergeben. Da bei der Beurteilung des Glukosetoleranztestes zwei bzw. einer von drei Werten über einem bestimmten Grenzwert liegen mussten, ist ein Vergleich der Werte- auch im Hinblick auf den Vergleich mit den nichtschwangeren Probandinnen- trotzdem interessant.

Bezüglich der Nüchternblutzuckerwerte wird in der Literatur bei Schwangeren mit normgerechtem Glukosestoffwechsel eine Erniedrigung (Feige 1984, Buchanan 1990, Catalano 1992), bei Frauen mit Gestationsdiabetes eine Erhöhung des Wertes gegenüber dem nichtgraviden Zustand beschrieben (Freinkel 1985, Buchanan 1990, Catalano 1993).

Die Nüchternglukosewerte der Nichtschwangeren dieser Studie lagen bei 84,00 mg/dl, die der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren lagen signifikant niedriger, die der Gestationsdiabetikerinnen lagen signifikant höher. Die Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz zeigten noch niedrigere Nüchternglukosekonzentrationen als die Normalschwangeren.

Unsere Daten stimmen also in Bezug auf die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren und die Gestationsdiabetikerinnen mit der Literatur überein; die Tatsache, dass die gesunden Schwangeren über niedrigere Nüchternglukosewerte verfügen als die Nichtschwangeren bestätigt Freinkels Hypothese der „accelerated starvation“ bei Schwangeren (Freinkel 1980). Die niedrigen Werte der Schwangeren mit IGT lassen sich möglicherweise durch eine erhöhte Insulin- Ausschüttung als Gegenreaktion zu einer beginnenden Insulinresistenz bewerten.

Catalano führte 1992 bei glukosestoffwechselgesunden Frauen vor und während der Früh-

und Spätschwangerschaft einen oGTT durch, bei dem sich im Laufe der Schwangerschaft die AUC und der 2- Stunden – Wert signifikant erhöhten.

Der 1- und der 2- Stunden- Wert des oGTT lag auch bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren über dem der nichtschwangeren Frauen, wobei sich der 1- Stunden- Wert signifikant unterschied. Diese Daten bestätigen die Ergebnisse von Catalano im Wesentlichen.

#### *4.2.2.2 HbA1c*

Nach Fießl (2001) beträgt der Referenzwert des HbA1c zwischen 4,5 und 5,7 %, ein gut eingestellter schwangerschaftsunabhängiger Diabetes mellitus ist nach Fießl durch Werte < 6,5 % gekennzeichnet.

Für die Diagnostik des Gestationsdiabetes wird das HbA1c von mehreren Autoren (Shah 1982, Cousins 1984) aufgrund seiner geringen Spezifität abgelehnt.

Keiner der Gruppen- Mediane der untersuchten Gruppen überschritt die Grenze von 5,7 %, es ergab sich trotzdem ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen im Kruskal-Wallis- Test.

Es ist bemerkenswert, dass die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren über ein niedrigeres HbA1c als die Nichtschwangeren verfügten. Dies könnte mit der oben diskutierten geringeren Nüchternglukosereaktion durch vermehrte Insulinausschüttung zusammenhängen.

#### *4.2.2.3 Fettwerte*

Einige Autoren berichten von einem steilen Anstieg der Triglyceride und des Gesamtcholesterins in der Schwangerschaft im Vergleich zum nichtschwangeren und zum prägravidem Zustand (Phelps 1981, Feige 1984, Baumann 2001).

Phelps diskutierte dieses Phänomen damit, dass erhöhte Triglyceride und erhöhtes Gesamtcholesterin durch eine Suppression der Glukoseoxidation der Mutter eine Hyperglykämie herbeiführe und dadurch dem Feten mehr Nährstoffe zugeführt würden.

In dieser Studie lagen die Triglyceride bei den Nichtschwangeren signifikant niedriger als bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren. Diese wiederum waren niedriger als die der Frauen mit Störungen der Glukosetoleranz. Das Gesamtcholesterin war bei den nichtschwangeren Frauen deutlich niedriger als bei den Schwangeren.

Unsere Daten sind dadurch mit der Literatur vergleichbar und unterstützen die Theorie der „accelerated starvation“ (s. Freinkel 1980).

#### 4.2.3 Schwangerschafts- und Geburtenanamnese

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der SSW, der Gravidität und der Parität der Schwangeren. Allerdings wurden die Gestationsdiabetikerinnen bezüglich der Schwangerschaftswochen im Median drei bis vier Wochen früher untersucht als die anderen Schwangeren, sie gaben auch im Mittelwert eine leicht höhere Gravidität und 0,5 Geburten mehr an.

Die Untersuchung der Diabetikerinnen in einer früheren Schwangerschaftswoche, hängt damit zusammen, dass diese sich aufgrund einer Sprechstunde für diabetische Schwangere früher in der Klinik vorstellten als die anderen Schwangeren.

##### 4.2.3.1 Geburt

Die Kinder der Gestationsdiabetikerinnen wurden im Median in der 39., die der anderen beiden Gruppen in der 40. Schwangerschaftswoche entbunden, das heißt, dass alle Gruppen terminnah entbunden wurden.

Von 15 untersuchten Gestationsdiabetikerinnen wurden vier (26,7 %) durch eine primäre Sektio entbunden, bei den Normalschwangeren waren diese nur zwei (11,8 %), bei den Frauen mit IGT eine (12,5 %).

Inwiefern der GDM bei der Indizierung der primären Sektion eine Rolle spielte, ist nicht bekannt. Die Zahlen könnten auf eine Vorselektierung anhand des Diabetes hinweisen, sind aber zu klein, um aussagekräftig zu sein.



#### *4.2.3.2 Kindsdaten*

Die Kinder der verschiedenen Gruppen von Müttern unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich der Größe und der Länge bei Geburt oder des pH- Werts der Nabelschnur.

Die Kinder aller drei Gruppen waren im Median genau 51 cm groß, die der gestationsdiabetischen Mütter waren im Median mit 3630 g etwas größer als die der beiden anderen Gruppen.

Caesey (1997) gab den Mittelwert des Gewichts von Kindern, die in einer Population von 874 White- A<sub>1</sub>- Gestationsdiabetikerinnen geboren wurden, mit 3581 g an. Im Vergleich dazu lag der Mittelwert der studierten Gruppe bei 3590 g.

Betrachtet man allerdings die Anzahl der Kinder, die schwerer als 4000 g wogen, so ist eine Überzahl der Gestationsdiabetikerinnen zu erkennen: Von den fünf Kindern in dem studierten Kollektiv, die mehr als 4000 g wogen, wurden vier von gestationsdiabetischen Müttern geboren. Auch von einer Makrosomie nach Voigt waren mehr Kinder von Gestationsdiabetikerinnen betroffen. Casey gab den Anteil der Kinder über 4000 g bei Gestationsdiabetikerinnen mit 23,00 % an, gegenüber 7,83 % bei der allgemeinen Geburtspopulation die er untersuchte.

Mit 26,7 % zu 5,9 % ist in der untersuchten Population der Anteil vergleichbar.

Das Geschlechterverhältnis entspricht mit insgesamt 52,5 % Jungen und 47,5 % Mädchen den Erwartungen.

#### *4.2.3.3 Kindliche Komplikationen*

Die Anzahl der kindlichen Komplikationen in den untersuchten Gruppen unterschied sich wenig. Auch Diabetes- assoziierte Komplikationen wie Hypoglykämie und Hyperbilirubinämie kamen bei Kindern von diabetischen und nichtdiabetischen Müttern annähernd gleich oft vor.

Allerdings war die Rate der Verlegung auf eine Kinderstation bei den Kindern diabetischer Mütter häufiger. Der Grund für die Verlegungen konnte nicht mehr bestimmt werden, so dass nicht sicher ist, ob sie mit dem mütterlichen Diabetes in Zusammenhang zu bringen sind.

### 4.3 Glukosemessung

Der kontinuierlich messende Glukosesensor CGMS® ist erst seit kurzem im klinischen und experimentellem Gebrauch. Die Literatur zu Messergebnissen bei Schwangeren diabetischen und nichtdiabetischen Frauen ist bisher selten. Die einzigen bisher veröffentlichten Publikationen stammen von Quester, der acht Schwangere mit GDM ohne Angaben zur Insulinpflichtigkeit und vier Schwangere mit Typ 1- Diabetes mellitus untersuchte (Quester 2001), sowie aus unserer Arbeitsgruppe (Kurzidim 2001).

Die Messergebnisse lassen sich am ehesten mit den Ergebnissen von Studien zur zirkadianen Rhythmik des Glukosestoffwechsels vergleichen, bei denen unter stationären Bedingungen 24 h- Glukoseprofile erstellt wurden.

#### 4.3.1 Mittelwert der Glukosemessung

Phelps bestimmte 1981 stündlich den Glukosewert im venösen Blut bei jeweils acht schwangeren und nichtschwangeren Frauen unter stationären Bedingungen bei Ernährung durch die gleiche Formeldiät. Die Mittelwerte dieser Glukosemessung lagen bei  $93 \pm 3$  mg/dl bei den nichtschwangeren und bei  $96 \pm 2$  mg/dl bei den schwangeren Frauen, die Ergebnisse unterschieden sich statistisch nicht signifikant.

Bei Quester betrug der mittlere Glukosewert der acht gemessenen Gestationsdiabetikerinnen  $93,8 \pm 10,9$  mg/dl (Quester 2001).

Auch in unserem Kollektiv ergaben sich, ähnlich wie bei Phelps, keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Glukosemittelwert der nichtdiabetischen Schwangeren und der gesunden Nichtschwangeren. Die niedrigeren Werte unserer Messung lassen sich mit der unterschiedlichen Glukosebestimmung erklären, da Phelps venöses Blut untersuchte und unserem Meßsystem eine Analyse des Kapillarblutes zugrunde lag.

In unserem Kollektiv lagen die Mittelwerte der Gestationsdiabetikerinnen etwas höher als bei Quester angegeben.

Am markantesten ist der Vergleich zwischen den Schwangeren mit Diabetes und den Schwangeren mit eingeschränkter Glukosetoleranz: Die Mittelwert der Schwangeren mit IGT liegen höher als diejenigen der Gestationsdiabetikerinnen, obwohl diese über längere

Zeiten von Hypoglykämien und kürzere Zeiten von Hyperglykämien verfügen.

Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass die diätetische Einstellung und Überwachung der Gestationsdiabetikerinnen strenger ist, als die der Schwangeren, die über eine nur eingeschränkte Glukosetoleranz verfügen.

#### 4.3.2 Hypo- und Hyperglykämien

Bei den von Quester mit CGMS® gemessenen Gestationsdiabetikerinnen betrug die Zeitdauer nicht näher charakterisierter Hypoglykämien 1,6/ 24 h, die Dauer von Glukosewerten über 120 mg/dl betrug bei ihnen 3,9+- 2,2 /24 h. Damit stimmen die von ihm gemessenen Hypoglykämien schlecht, die Hyperglykämien gut mit unseren Ergebnissen überein. Die Unterschiede lassen sich durch die mangelnde Definition der Hypoglykämie bei Quester sowie durch die relativ kleinen Kollektive erklären.

In dem von uns gemessenen Kollektiv sind die hypoglykämischen Zeiten der Gestationsdiabetikerinnen erwartungsgemäß im Vergleich am kürzesten, während die hyperglykämischen Zeiten am längsten sind. Hinsichtlich der Zeitdauern der Hypo- und Hyperglykämien zeigen die Schwangeren mit IGT keine extremeren Werte als die Gestationsdiabetikerinnen. Sie verfügen allerdings über eine etwas kürzere Zeit unter 50 mg/dl und über eine längere Zeit über 120 und 130 mg/dl als die nichtdiabetischen Probandinnen.

#### 4.3.3 Anfangs- und Höchstwerte der periprandialen Glukosemessung

Bei der Diskussion der periprandialen Glukosemessung muss in Betracht gezogen werden, dass die diskutierten Wert keine Nüchternkonzentrationen sind, sondern durchaus auch von den vorhergehenden Mahlzeiten abhängen können.

Bei den Glukosekonzentrationen zu Beginn der Mahlzeit bestehen keine signifikanten Unterschiede. Die Konzentration, die bei den Gestationsdiabetikerinnen gemessen wurde, ist im Median dennoch höher als die der anderen Probandinnen. Dies kann mit ihrer geringeren Insulinsensitivität zusammenhängen.

Bei den Maximalwerten der periprandialen Messung ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren und den

Schwangeren mit Problemen der Glukosetoleranz. Sowohl die IGTs, als auch die Gestationsdiabetikerinnen liegen im Median wesentlich höher als die gesunden Schwangeren. Dies zeigt ihre geringere Glukosetoleranz auch bei gemischten Mahlzeiten.

Die Tatsache, dass die Zeitdauern bis zum Erreichen der Maximalwerte der periprandialen Messung alle unter oder unwesentlich über 60 min lagen, ist ein Argument für die Bestimmung eines Einstundenwerts anstelle eines Zweistundenwerts beim SBGM. Parretti konnte bei nichtdiabetischen Schwangeren in einer früheren Schwangerschaftswoche signifikante Korrelationen zwischen dem abdominellen Bauchumfang (AC) des Feten und dem Einstundenwert eines SBGMs als zwischen Zweistundenwert und AC (Parretti 2001) feststellen. Dies wäre ein weiteres Argument zur Erhebung des Einstundenwerts bei diabetischen Schwangeren.

#### 4.3.4 Area under the curve

In Bezug auf die Area under the curve unterscheiden sich die untersuchten Gruppen nicht signifikant voneinander. Es scheint als zwar Unterschiede hinsichtlich der Gesamthöhe der Glukosekurve nach einer gemischten Mahlzeit zu geben, nicht aber hinsichtlich des aus mehr Einzelwerten berechneten Anstiegs von einer Baseline aus über eine bestimmte Zeitspanne.

#### 4.3.5 Zusammenhänge zwischen Kindsgewicht und Glukosemessung

Aufgrund der geringen Zahlen an Kindern, die sich über der 90. Gewichtsperzentile nach Voigt befanden, konnte kein Test auf Signifikanz hinsichtlich des Zusammenhangs mit den Parametern der Glukosemessung durchgeführt werden.

Gleichwohl lässt sich der Trend erkennen, dass diejenigen Mütter, die von Kindern über der 90. Perzentile entbunden wurden, einen höheren Mittelwert der Glukosemessung, kürzere Zeiten unter 50 mg/dl und längere Zeiten über 120, 130, 140 und 150 mg/dl hatten, sowie einen höheren Maximalwert nach der Mahlzeit erreichten, als die Mütter deren Kinder leichter waren.

## 4.4 Ernährung

Wir wählten als Form der Ernährungserhebung ein Tagebuch, in dem die Probandinnen ihre Ernährung protokollierten, weil es uns auf die Zusammenhänge mit der zur gleichen Zeit erfolgten Glukosemessung ankam. Die Ernährung in der von uns untersuchten Zeitspanne ist dadurch nicht repräsentativ für die ganze Zeit der Schwangerschaft. Indem die Probandinnen gebeten wurden, sich in der für sie üblichen Weise weiterzuernähren, erlauben es die Daten, Rückschlüsse auf sonstige Ernährungsgewohnheiten zu ziehen und die verschiedenen Gruppen bezüglich ihrer Ernährung zu vergleichen.

Über die tatsächliche Ernährung schwangerer Frauen und schwangerer Frauen mit Diabetes in der Bundesrepublik ist wenig bekannt. In der Literatur sind aktuelle Daten verfügbar aus den USA (King 2000), aus Spanien (Ortega 1994) und aus China (Wang 2000). Diese Ergebnisse lassen sich nicht mit der Ernährung von Schwangeren in der Bundesrepublik vergleichen, da kulturelle Umstände auch die Ernährung beeinflussen.

Bezüglich der Ernährung von Frauen im gebärfähigen Alter ist auf die Daten der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe von 1993 (DGE 2000) sowie der Nationalen Verzehrstudie von 1985- 1989 in der Bundesrepublik (Neuauswertung DGE 1996) hinzuweisen. Die erstgenannte Studie bezieht sich auf den mittleren täglichen Verbrauch berechnet anhand von Befragungen von ca. 3% der Haushalte des Staatsgebiets der Bundesrepublik über den monatlichen Einkauf von Nahrung- und Genussmitteln, die zweite entstand durch die Durchführung eines 7- Tage- Ernährungstagebuchs in 23 000 Haushalten der BRD.

Trippo (2000) befragte 112 Frauen im gebärfähigen Alter von 18 bis 24 Jahren aus dem Raum Potsdam mit Hilfe eines Nahrungsmittel- Häufigkeiten- Fragebogens über ihre Ernährungsgewohnheiten innerhalb eines Jahres. Diese Daten eignen sich besonders gut zum Vergleich mit den von uns erhobenen, da sie in der gleichen Region bestimmt wurden.

Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Gestationsdiabetikerinnen eine Diätberatung erhielten, die auf 25- 35 kcal/kg Körpersollgewicht ausgelegt war. Davon sollten 50- 55 % als Kohlenhydrate, 30 % als Fette und 15 % als Proteine- zuzüglich 30 g an Ballaststoffen- auf mehrere kleine Mahlzeiten verteilt, verzehrt werden.

#### 4.4.1 Energiezufuhr

Die WHO (1985, nach DGE 2000) und die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2000) teilen ihre Empfehlungen für die Energieaufnahme in den Grundumsatz und die bei körperlicher Aktivität zusätzlich benötigten Energien ein. Die Empfehlungen beziehen sich auf eine Referenzbevölkerung die in der untersuchten Altersgruppe 165 cm groß ist und ein Körpergewicht von 60 kg hat. Es wird darauf hingewiesen, dass die Energiezufuhr dem tatsächlichen Körpergewicht angepasst werden muss.

Der den Empfehlungen zugrunde liegende Grundumsatz, bestimmt durch prädiktive Berechnungen beträgt für Frauen zwischen dem 19. und dem 25. Lebensjahr 1390 kcal und zwischen dem 25 und dem 51. Lebensjahr 1340 kcal pro Tag.

Der Grundumsatz wird je nach dem Grad der körperlichen Aktivität mit einem Faktor, dem physical activity level (PAL) multipliziert, um den täglichen Energiebedarf zu bestimmen.

Bei Schwangeren wird von der DGE außerdem während der gesamten Zeit der Schwangerschaft eine zusätzliche Energiemenge von 255 kcal pro Tag empfohlen, das Forschungsinstitut für Kinderernährung Dortmund (FIKD) empfiehlt erst ab der Mitte der Schwangerschaft eine Mehrzufuhr von 100- 200 kcal (FIKD 1996).

Wenn von einem PAL von 1,4 (überwiegend sitzende Tätigkeiten ) ausgegangen wird, so ergeben sich für unser Kollektiv folgende Empfehlungen zur Energiezufuhr:

Nichtschwangere Frauen:	1900 kcal/d, i.e. 29,2 kcal / Broca- Gewicht (DGE)
Schwangere Frauen:	DGE: 2200 kcal/d i.e. 33,8 kcal/ Broca- Gewicht
	FIKD: 2000 kcal/d

Andere Studien, die sich mit Frauen im gebärfähigen Alter beschäftigen, beziffern die tägliche Energiezufuhr mit 8735,2 kJ i.e. 2088 kcal (Trippo 2000), 1863 kcal (Ernährungsbericht der DGE 1996) oder 2028 kcal (Ernährungsbericht der DGE 2000) .

Unsere Daten bezüglich der täglichen Energiezufuhr liegen bei den nichtschwangeren Frauen etwas höher als die Empfehlung der DGE. Sie sind ebenfalls höher als bei den von Trippo und den Ernährungsberichten der DGE beschriebenen Frauen; bei den Schwangeren liegen alle angegebenen Daten sowohl unter den Empfehlungen der DGE und des FIKD als auch unter den Daten der anderen Studien.

Auch die Energiezufuhr bezogen auf das Körpersollgewicht nach Broca liegt bei den nichtschwangeren Probandinnen höher als empfohlen, die nichtdiabetischen Schwangeren liegen mit 31 kcal/kg/d unter den Empfehlungen der DGE und über den Empfehlungen der Diätberatung für diabetische Schwangere.

Die Schwangeren mit Glukosestoffwechselstörungen lagen auch in ihrer Energiezufuhr bezogen auf den Broca- Index wesentlich unter den Vorschlägen der Diätberatung und der DGE.

Die Gründe hierfür können zum einen in dem bereits oben erwähnten Phänomen des „underreportings“ liegen, das besonders von Personen mit höherem Gewicht praktiziert werden soll, zum anderen darin, dass die Probandinnen durch die Teilnahme an einer Ernährungsstudie einem Bias unterlagen und sich zwei Tage lang tatsächlich ihrem prägravidem Gewicht entsprechend hypokalorisch ernährten, zum Dritten könnte der Grund in der Erhebungsmethode zu suchen sein, bei die Mengenangaben in Haushaltsgrößen angegeben wurden.

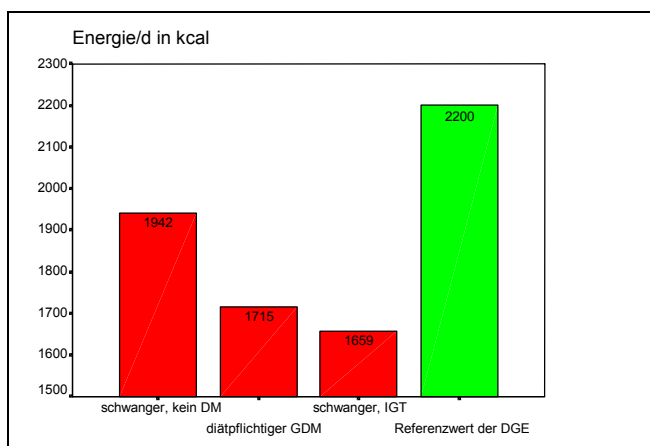


Abb. 56: Vergleich des Medians der Energiezufuhr der untersuchten Schwangeren mit den Empfehlungen der DGE für Schwangere ab dem vierten Schwangerschaftsmonat (DGE 2000)

#### 4.4.2 Anzahl der Mahlzeiten

Das Dortmunder Forschungsinstitut für Kinderernährung empfiehlt die Einnahme von fünf bis sechs über den Tag verteilten Mahlzeiten (FIKD 1996).

Von den nichtschwangeren Probandinnen und den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren werden wesentlich mehr Mahlzeiten eingenommen als von den Schwangeren mit Glukosetoleranzstörungen.

Die Schwangeren mit Glukosetoleranzstörung nahmen im Median fünf Mahlzeiten zu sich.

Dies ergibt drei Hauptmahlzeiten und zwei Zwischenmahlzeiten, die Zufuhr entspricht somit den Empfehlungen des Forschungsinstituts für Kinderernährung Dortmund .

Die größere Anzahl an Mahlzeiten, bei den nichtdiabetischen Probandinnen könnte sich daraus ergeben, dass diese öfter Snacks wie Süßigkeiten oder Limonaden zu sich genommen haben, die sich die Schwangeren mit Problemen der Glukosetoleranz verbat.

#### 4.4.3 Kohlenhydratzufuhr

Die DGE empfiehlt eine Mindestzufuhr an Kohlenhydraten von 50 % der Energiezufuhr. Diese sollte vor allem aus polysaccharid- und ballaststoffhaltigen Lebensmitteln bestehen. Diese Empfehlung wird damit begründet, dass eine erniedrigte prozentuale Zufuhr von Kohlenhydraten oft mit einer erhöhten Zufuhr an Fetten einhergehe, die ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko darstellen (DGE 2000).

Trippo (2000) beziffert die tägliche Kohlenhydratzufuhr nichtschwangerer junger Frauen aus dem Potsdamer Raum im Median mit 49,3 % bzw. 235,8 g. Die Daten der Nationalen Verzehrstudie (DGE 1996) und der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (DGE 2000) liegen für diese Altersgruppe bei einem täglichen Verbrauch von 202,2g bzw. 237,4 g an Kohlenhydraten, woraus sich ein prozentualer Verbrauch von 44,5 % bzw. 47,5 % des Energieverbrauchs berechnen lässt. Davon waren etwa die Hälfte nicht näher differenzierte Polysaccharide.

Bei den untersuchten Probandinnen lag, wie bei den oben zitierten Studien, die prozentuale Kohlenhydratzufuhr im Median bei allen vier Gruppen unter 50 %. Unser Kollektiv scheint damit im bundesrepublikanischen Durchschnitt und unter den Empfehlungen der DGE zu liegen. Wird die Zufuhr in g bestimmt, so gaben die Gestationsdiabetikerinnen und die Schwangeren mit IGT eine wesentlich geringere Kohlenhydratzufuhr an, als die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren.

Wird die totale Zufuhr von Kohlenhydraten auf das Körpersollgewicht nach Broca bezogen, so nahmen die beiden Gruppen mit Störungen der Glukosetoleranz weniger als die durch die Diätberatung empfohlene Menge an Kohlenhydraten zu sich.

Dies lässt sich zum einen damit erklären, dass die beiden Gruppen mit Problemen hinsichtlich der Glukosetoleranz im Ganzen - wie schon bei der Brennwertzufuhr gezeigt werden konnte- einen niedrigeren Konsum an Nahrungsmitteln angaben, zum anderen lässt



es sich eventuell auch durch das Wissen der Probandinnen erklären, an einer Studie teilzunehmen, die den Glukosehaushalt betraf.

Der Anteil der Stärke an der Kohlenhydratzufuhr lag bei den Gestationsdiabetikerinnen am höchsten. Dies ist mit einem Bewusstsein für ihre Erkrankung und mit der Diätberatung zu erklären.

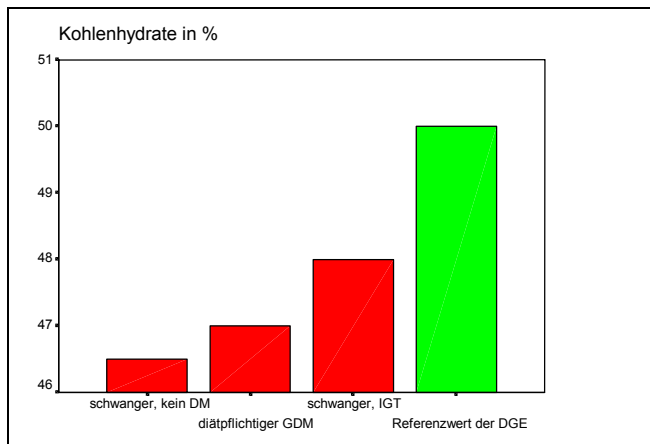


Abb. 57: Vergleich des Medians der täglichen prozentualen Kohlenhydratzufuhr der untersuchten Schwangeren mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung 2000

#### 4.4.4 Proteinzufuhr

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt jungen Frauen zwischen 19 und 25 Jahren den Konsum von mindestens 48 g Proteinen und Schwangeren von 58 g Proteinen täglich. Die obere Grenze setzt die DGE bei 120 g täglich an (DGE 2000).

Andere Studien geben für Frauen im gebärfähigen Alter einen täglichen Proteinkonsum von 63,9 g bzw. 13,5 % (Trippo 2000) und einen täglichen Proteinverbrauch von 67,2 g (Ernährungsbericht der DGE 2000) an.

Der Proteinkonsum unseres Kollektivs lag innerhalb der von der DGE empfohlenen Grenzen und scheint ähnlich wie die Daten anderer Studien zu liegen.

Die Schwangeren mit Glukosetoleranzstörungen nahmen prozentual berechnet mehr Eiweiß zu sich, als die anderen beiden Gruppen. Dies kann möglicherweise mit der verringerten Kohlenhydrat- und Fettzufuhr in Zusammenhang gebracht werden.

#### 4.4.5 Fettzufuhr

Die DGE empfiehlt Frauen der untersuchten Altersklasse eine Fettzufuhr die 30 % der zugeführten Energie beträgt. Schwangeren wird die Zufuhr von 30- 35 % Fett empfohlen. Diese Empfehlung wird von der DGE im Hinblick auf ein geringeres Risiko für Herz-Kreislauf-erkrankungen, Kolontumoren und Adipositas ausgesprochen (DGE 2000). Diabetischen Schwangeren wird in der Diätberatung der Universitätsklinik eine Zufuhr von 30 % Fett empfohlen.

Bei den von Trippo untersuchten jungen Frauen lag die Zufuhr an Fetten bei täglich 75,6 g, das entspricht 34,9 % der zugeführten Energie (Trippo 2000). Der tägliche Verbrauch an Fetten von Frauen im gebärfähigen Alter wurde in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1993 des statistischen Bundesamts mit 79,7 g, i.e. 34,7 % Energie, angegeben (DGE 2000). Die Nationale Verzehrstudie bezifferte die Fettzufuhr mit 80,6 g (40,3 % der Energie) (DGE 1996).

Der prozentuale Fettkonsum der von uns untersuchten Probandinnen lag für die nichtdiabetischen Frauen über den Empfehlungen der DGE. Insgesamt unterschied sich der prozentuale Fettkonsum zwischen den Gruppen nur wenig. Dadurch, dass für Schwangere bis zu 5 % mehr Fett empfohlen wird, nahmen die diabetischen Schwangeren Fett entsprechend der Empfehlungen der DGE zu sich. Sie ernährten sich aber trotzdem noch fettreicher, als ihnen von der für sie bestimmten Diätberatung empfohlen wurde.

Die höhere Fettzufuhr der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren lässt sich mit einer geringeren Sensibilisierung in Ernährungsfragen erklären.

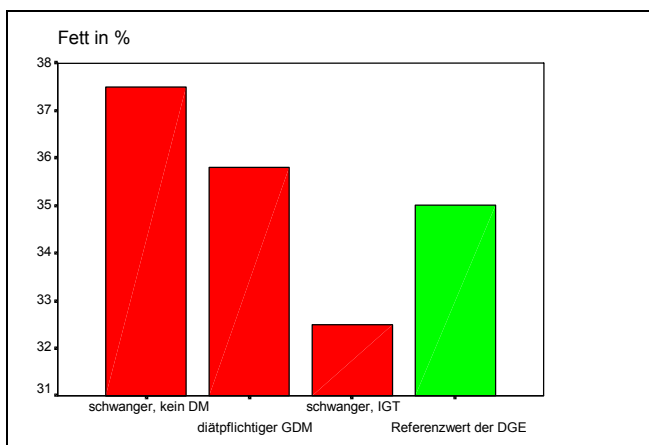


Abb. 58: Vergleich des Median der prozentualen Fettzufuhr der untersuchten schwangeren Frauen mit dem Referenzwert der DGE von 2000.

#### 4.4.6 Ballaststoffzufuhr

Die DGE empfiehlt eine tägliche Ballaststoffzufuhr von mindesten 30 g. Dies wird damit begründet, dass Ballaststoffe der Entstehung von Obstipation, Kolontumoren, Hypercholesterinämie und Diabetes mellitus entgegenwirken (DGE 2000).

Der tägliche Verbrauch von Ballaststoffen von Frauen in der von uns untersuchten Altersklasse lag bei der Nationalen Verzehrstudie bei 16,5 g (DGE 1996) und bei der letzten Einkommens- und Verbrauchsstichprobe bei 18,3 g (DGE 2000).

Auch die von uns untersuchten Frauen lagen in ihrer Ballaststoffzufuhr alle unter den Empfehlungen der DGE, was mit der allgemein üblichen Ernährung in der Bundesrepublik übereinzustimmen scheint.

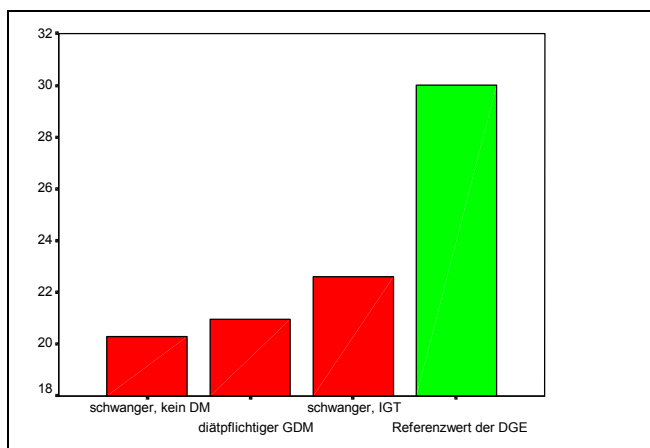


Abb. 59: Vergleich der täglichen Ballaststoffzufuhr der untersuchten schwangeren Frauen mit den Empfehlungen der DGE aus dem Jahr 2000

#### 4.4.7 Mikronährstoffe

Die Zufuhr von Kalzium und Vitamin C entspricht im Wesentlichen den Empfehlungen der DGE (DGE 2000).

Hinsichtlich der Zufuhr von Jod und Folsäure unterschieden sich die untersuchten Gruppen nicht. Alle lagen allerdings unter den jeweiligen Zufuhrempfehlungen der DGE. Diese betragen für Jod bei Schwangeren 230 µg und bei Nichtschwangeren 200 µg und für Folsäure bei Schwangeren 600 µg und bei Nichtschwangeren 400 µg pro Tag. Bei unserer Untersuchung wurde der Gebrauch von jodiertem Speisesalz nicht erhoben, so dass hierbei noch mit einer Zunahme des Konsums gerechnet werden kann und eine Substitution nicht zwingend erforderlich erscheint.

Erniedrigter Folsäurekonsum wird mit einem erhöhten Risiko einer Plazentaablösung, eines Spontanaborts und im ersten Trimenon mit neuronalen Defekten des Feten in Verbindung gebracht (Scholl 2000). Der Konsum in den von uns untersuchten Gruppen betrug bei den Schwangeren nur die Hälfte der Empfehlung, so dass eine Folsäure-Substitution angeraten werden müsste. Auch den untersuchten nichtschwangeren Frauen müsste, vor allem wenn sie eine Schwangerschaft planen, ein erhöhter Folsäurekonsum empfohlen werden.

Schwangeren wird eine Zufuhr an Vitamin A von 1,1 mg pro Tag empfohlen (Nichtschwangeren 0,8 mg/d), die allerdings aufgrund der Teratogenität von möglicherweise aus Vitamin A gebildeter Retinsäure nicht über 3 mg/d liegen sollte (DGE 2000, Biesalski 1989). Die von uns untersuchten Frauen führten alle weniger Vitamin A als empfohlen zu sich. Chertow konnte bei Ratten durch Vitaminunterversorgung eine Verminderung der Insulin- Sensitivität hervorrufen (Chertow 1987). Bei den von uns untersuchten Frauen nahmen diejenigen mit Problemen der Glukosetoleranz signifikant weniger Vitamin A zu sich, als die glukosestoffwechselgesunden Gruppen. Es kann die Hypothese aufgestellt werden, dass sich die Frauen mit Problemen der Glukosetoleranz schon vor der Untersuchung tendenziell Vitamin A- ärmer ernährten und dadurch die Entstehung von Problemen der Glukosetoleranz förderten.

Hinsichtlich der Zufuhr des Mineralstoffs Eisen nahmen die Nichtschwangeren mehr zu sich als die Schwangeren. Gerade in der Schwangerschaft wird eine hohe Zufuhr von Eisen empfohlen, da es statistische Zusammenhänge zwischen einem niedrigen Hämoglobinwert und einem niedrigen Geburtsgewicht gibt (Hemminki 1991). Die Eisenzufuhr der von uns untersuchten Schwangeren betrug ungefähr die Hälfte der Empfehlungen, so dass hier eine Substitution angebracht wäre.

#### 4.4.8 Der Nährgehalt der einzelnen untersuchten Mahlzeit

Der Brennwertanteil der einzelnen untersuchten Mahlzeit, dem Mittagessen, entspricht ca. einem Drittel der insgesamt zugeführten Energiemenge. Das Mittagessen gilt in Europa als Hauptmahlzeit, was sich auch hier in der relativ hohen Energiemenge ausdrückt.

Wie auch schon bei der Gesamtzufuhr gaben die Probandinnen mit Problemen der Glukosetoleranz eine geringere Energiezufuhr an, als diejenigen, die keine Probleme

hatten. Dieser Effekt könnte ebenfalls durch „underreporting“ im Bewusstsein der Erkrankung oder den so genannten Hawthorne- Effekt entstanden sein.

Die Zusammensetzung der Makronährstoffe der untersuchten Mahlzeit entspricht nur bei den Gestationsdiabetikerinnen der von der DGE 2000 empfohlenen Zusammensetzung ca. 50 % Kohlenhydrate, 20 % Proteine und 30- 35 % Fette. Vor allem bei den glukosestoffwechselgesunden Probandinnen liegt der Fettkonsum weit über den Empfehlungen. Das erklärt auch die höhere Energiezufuhr.

Die zugeführten Hauptkohlenhydratquellen, viel Kartoffeln und viele Backwaren entsprechen den Ernährungsgewohnheiten im nördlichen Teil Deutschlands. Auch bei einer Untersuchung im Rahmen der European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) im Raum Potsdam nahmen Kartoffeln und Brot den größten Anteil an kohlenhydrathaltigen Sättigungsbeilagen ein (Schulze 1999).

## **4.5 Zusammenhang zwischen Glukosemessung und Ernährung**

Es kann gezeigt werden, dass vielfältige Zusammenhänge zwischen der Art der Ernährung und den Ergebnissen der Glukosemessung bestehen.

Zum Vergleich mit den Ergebnissen der Literatur muss bemerkt werden, dass relativ viele Untersuchungen zum Verhältnis zwischen den Bestandteilen einzelner definierter Mahlzeiten und dem postprandialen Glukosemetabolismus und nur relativ wenige zu den Auswirkungen längerfristiger diätetischer Faktoren auf den Glukosestoffwechsel zur Verfügung stehen. Die Literatur zum Einfluss der Ernährung auf den Glukosestoffwechsel bei Schwangeren oder Gestationsdiabetikerinnen ist ebenfalls rar. Die in der Literatur als Parameter zur Beschreibung des Glukosestoffwechsels verwendeten Werte lassen sich nicht direkt mit den von uns erhobenen vergleichen, da die von uns durchgeführte Messung erst seit kurzer Zeit möglich ist.

### **4.5.1 Längerfristige Zusammenhänge über 48 h**

Die Gestationsdiabetikerinnen unterscheiden sich bei der Auswertung über 48 h in Bezug auf Energie-, Eiweiß-, Fett-, und Saccharosezufuhr. Sie nahmen mehr Stärke zu sich als die gesunden Schwangeren. Die Ergebnisse der längerfristigen Glukosemessung zeigen

dagegen nur mäßige Unterschiede zwischen den Gruppen. Diese geringen Unterschiede bei Gruppen mit unterschiedlicher Glukosetoleranz, die durch einen oGTT ermittelt wurde, lässt sich unter Umständen mit der unterschiedlichen Ernährung erklären: Die stärkereiche, niederkalorische Ernährung könnte größeren Entgleisungen des Glukosestoffwechsels der Gestationsdiabetikerinnen entgegengewirkt haben.

#### *4.5.1.1 Einfluss der Energiezufuhr*

Magee verglich bei adipösen Gestationsdiabetikerinnen die glykämischen Auswirkungen zweier Diäten mit 2400 kcal/ Tag und 1200 kcal/Tag. Bei der Diät mit dem niedrigeren Energiegehalt lag der 24 h- Mittelwert der Glukosemessung signifikant unter dem der Diät mit dem höheren Energiegehalt (Magee 1990).

Bei den von uns untersuchten Gestationsdiabetikerinnen konnte ein solcher Zusammenhang nicht beobachtet werden.

Eine ähnliche Korrelation wurde allerdings bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren beobachtet, bei denen eine positive Korrelation zwischen Energiezufuhr und der Zeitdauer, in der Werte über 140 mg/dl gemessen wurden, berechnet wurde.

Auch wenn sich dadurch auch bei unseren Daten die Ergebnisse von Magee teilweise bestätigten, erscheint uns eine restriktive Diät von 1200 kcal auch für adipöse Schwangere im Hinblick auf die Lebensqualität nicht für zumutbar.

#### *4.5.1.2 Einfluss der Anzahl der Mahlzeiten*

Jenkins verabreichte sieben glukosestoffwechselgesunden Männern zwei isokalorische Diäten, die er als „nibbling“ (knabbern) und „gorging“ (verschlingen) bezeichnete. Die eine Gruppe nahm ihre Kost an drei über den Tag verteilten Mahlzeiten zu sich, die andere nahm stündlich insgesamt 17 Snacks zu sich. Durch die nibbling- Diät wurde der Mittelwert eines stündlich erhobenen Glukoseprofils von  $5,5 \pm 0,1$  mmol/l (entspricht 99 mg/dl) auf  $5,3 \pm 0,2$  mmol/l (entspricht 96 mg/dl) gesenkt (Jenkins 1989).

Bei den von uns untersuchten Probandinnen korrelierte die Anzahl der Mahlzeiten nur bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren mit einem Parameter der Glukosemessung: Es ergab sich eine positive Korrelation mit der Zeitdauer in der Werte

über 120 mg/dl gemessen wurden. Das Ergebnis von Jenkins konnte damit nicht bestätigt werden, unser Ergebnis lässt sich eher gegensätzlich dazu interpretieren. Dieses Ergebnis könnte dadurch zustande kommen, dass in Mitteleuropa als Snacks oft Süßigkeiten, Obst oder Säfte eingenommen werden, die entsprechende Auswirkungen auf die Glukosekonzentration haben.

Unseren Ergebnissen nach bringt eine erhöhte Frequenz der Nahrungsaufnahme, wie sie im Rahmen eines normalen Alltags möglich ist, keine Vorteile hinsichtlich des Glukoseprofils.

#### *4.5.1.3 Einfluss der Kohlenhydratzufuhr*

Fukagawa (1990) konnte bei gesunden Erwachsenen eine erhöhte periphere Insulin-Sensitivität nach dem Genus einer Diät, die reich an Kohlenhydraten und Ballaststoffen war, feststellen.

Larsson (1999) verglich bei postmenopausalen Frauen die Glukosetoleranz im oGTT mit den Ernährungsgewohnheiten des vorhergehenden Jahres. Sie konnte eine negative Korrelation zwischen dem Kohlenhydratkonsum und dem 2 h- Stunden- Wert im oGTT aufzeigen.

Daly (1998) untersuchte bei Erwachsenen die Auswirkungen einer Diät, die entweder reich an Stärke oder reich an Saccharose war, auf das 24 h- Glukoseprofil. Dabei wurden für die Saccharose- reiche Diät höhere Maximalwerte und niedrigere Minimalwerte als bei der Stärke- reichen Diät erzielt. Die gesamte Fläche unter der Kurve war bei der Stärke- reichen höher als bei der Saccharose- reichen Diät.

Bei den von uns untersuchten Probandinnen wurden in den verschiedenen Gruppen unterschiedliche Korrelationen zwischen verschiedenen Kohlenhydraten und den Parametern der Glukosemessung berechnet. Dies lässt sich auch damit erklären, dass sich die Gruppen unterschiedlich ernährten.

In keiner der untersuchten Gruppen konnte eine Korrelation mit der Kohlenhydratzufuhr als Ganzem festgestellt werden. Es handelte sich immer um Korrelationen zwischen einzelnen Kohlenhydratarten und Parametern der Glukosemessung. Diese Tatsache zeigt einmal mehr, dass eine Diätberatung für Diabetiker, die nur den Gesamt-Kohlenhydratgehalt der Ernährung in Form von so genannten Brot- oder

Kohlenhydrateinheiten berücksichtigt, nicht sinnvoll ist.

Bei den Gestationsdiabetikerinnen konnte ein negativer Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Glukosemessung und der Stärkezufuhr berechnet werden. Dieses Ergebnis zeigt sich auch in allen anderen untersuchten Gruppen als Trend, auch wenn es nicht statistisch gesehen signifikant war. Dazu passt auch, dass bei den nichtschwangeren Frauen eine auch im Streudiagramm deutlich werdende Korrelation zwischen der Zeitdauer in der Werte unter 50 mg/dl gemessen wurden und der Stärkezufuhr festgestellt werden konnte. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich bei vermehrter Stärkezufuhr eine bessere Glukoseverarbeitung und eine größere Insulin- Sensitivität einstellt. Die oben erwähnten Publikationen von Larsson und Fukagawa konnten nicht für die Kohlenhydratzufuhr sondern für die Stärkezufuhr bestätigt werden. Als Konsequenz daraus müsste also Gestationsdiabetikerinnen eine Diät mit einem sehr hohen Anteil an Stärke empfohlen werden.

Bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren konnten in Bezug auf die Kohlenhydratzufuhr Korrelationen mit Disacchariden festgestellt werden: Es wurde eine positive Korrelation von Fruktose mit Zeitdauern über verschiedenen Grenzwerten im oberen Bereich der Glukosemessung und eine negative Korrelation von Laktose mit der Zeitdauer in der Werte unter 50 mg/dl gemessen wurden, gefunden . Diese Disaccharide machen nur einen kleinen Teil der Kohlenhydratzufuhr (insgesamt 15 %) aus. Inwieweit ein kausaler Zusammenhang zu sehen ist, ist fraglich. Dennoch wird gezeigt, dass eine vermehrte Zufuhr von Disacchariden insgesamt zu höheren Werten der Messung führen kann. Die von Daly für die Saccharose- reiche Diät festgestellten niedrigeren Minimalwerte konnten bei uns nicht bestätigt werden.

#### *4.5.1.4 Einfluss der Proteinzufuhr*

Zum Einfluss einer längerfristig erhöhten Proteinzufuhr konnte in der aktuellen, üblicherweise konsultierten Literatur nur eine Untersuchung gefunden werden, die sich mit der Ernährung von Schwangeren nur bedingt vergleichen lässt: Es handelt sich um die Kasuistik eines Bodybuilders, der vor einem Wettkampf eine Diät mit einem extrem hohen Anteil an Proteinen (zwischen 66 und 72 kcal %) einhielt und dadurch u.a. seinen Fastenglukosewerte von 79 auf unter 50 mg/dl senkte (Too 1998).

Derart hohe Proteinanteile nahm keine der untersuchten Probandinnen zu sich. Sie erfüllten



selbstverständlich auch nicht das Bewegungspensum des beschriebenen Probanden.

Bei den von uns untersuchten Probandinnen konnte zudem nur in der Gruppe der nichtschwangeren Frauen überhaupt ein statistischer Zusammenhang zwischen Proteinzufuhr und Parametern der Glukosemessung festgestellt werden: Die prozentuale Zufuhr korrelierte mit der Zeitdauer in der Werte über 130 mg/dl gemessen wurden. Die Erfahrungen von Too können also für unsere Probandinnen nicht bestätigt werden.

#### *4.5.1.5 Einfluss der Fettzufuhr*

Frapé (1998) untersuchte den oGTT nach einem fetthaltigen und einem weniger fetthaltigen Frühstück, das über mehrere Tag konsumiert wurde und konnte für die Gruppe, die das fetthaltigere Frühstück verzehrte, höhere Werte für Glukose feststellen.

Staznicky (1999) verglich bei erwachsenen Männern den ivGTT nach einer jeweils 14-tägigen entweder fettarmen oder fettreichen Diät. Auch sie konnte für die fettreiche Diät höhere Glukosewerte feststellen.

Bei den von uns untersuchten Probandinnen ergab sich in der Gruppe der nichtschwangeren Frauen eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der prozentualen und in der Gruppe der glukosestoffwechselgesunden Schwangeren eine Korrelation zwischen der totalen Fettzufuhr und der Zeitdauer in der Werte zwischen 150 mg/dl gemessen wurden.

Diese Korrelationen deuten darauf hin, dass erhöhter Fettkonsum mit höheren Glukosewerten einhergehen kann. Es ist scheint möglich, dass eine erhöhte Fettzufuhr zu einer erniedrigten Insulin- Sensitivität führt.

#### *4.5.1.6 Einfluss der Ballaststoffzufuhr*

Fukagawa (1990) konnte durch eine kohlenhydrat- und ballaststoffreiche Diät die Insulinsensitivität bei Glukosestoffwechselgesunden erhöhen. Wie hoch jeweils der Einfluss von Kohlenhydraten oder von Ballaststoffstoffen war, lässt sich bei einer Studie in der mehrere Einflussfaktoren geändert wurden, nicht feststellen. Bei den von uns untersuchten Frauen mit eingeschränkter Glukosetoleranz konnten signifikante negative Korrelationen zwischen Ballaststoffzufuhr und dem Mittelwert der Glukosemessung sowie

der Zeitdauer, in der Werte über 120 mg/dl gemessen wurden, festgestellt werden. Eine hohe Ballaststoffzufuhr kann nach diesen Ergebnissen im Rahmen einer Diät bei Diabetes empfohlen werden.

#### 4.5.2 Postprandiale Zusammenhänge

Bei der kurzfristigen Glukosemessung zeigten sich deutliche signifikante Unterschiede in Bezug auf die Maximalkonzentration nach der Mahlzeit. Hierbei konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Ernährung zwischen den beiden Gruppen von Schwangeren mit und ohne Diabetes festgestellt werden.

##### *4.5.2.1 Einfluss der Energiezufuhr*

In der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen ergab sich eine positive Korrelation zwischen der AUC und der Energiezufuhr bei der Mahlzeit. Möglicherweise ist dieses Ergebnis ein Argument für die Empfehlung an Diabetikerinnen, viele kleine Mahlzeiten zu verzehren, anstelle einer großen mit einem hohen Energiegehalt.

##### *4.5.2.2 Einfluss der Kohlenhydratzufuhr*

Peterson und Jovanovic- Peterson (1991) analysierten die Ernährung und die Glukosekonzentration eine Stunde nach der Mahlzeit, gemessen mit einem SBGM bei 14 Gestationsdiabetikerinnen. Für jede der drei Hauptmahlzeiten konnten sie eine signifikante positive Korrelation zwischen der prozentualen Kohlenhydratzufuhr und dem Einstundenwert feststellen.

Bei den von uns untersuchten Frauen ergab sich bei den glukosestoffwechselgesunden Frauen ein positiver statistischer Zusammenhang zwischen dem Maximalwert der Glukosemessung und der Zufuhr von Kohlenhydraten im Ganzen, sowie verschiedenen Disacchariden. Bei den Gestationsdiabetikerinnen ergab sich eine statistische Korrelation zwischen der AUC und der Zufuhr von Kohlenhydraten und einigen Disacchariden. Die Streudiagramme der Gestationsdiabetikerinnen zeigen allerdings, dass dieser Zusammenhang nur mathematischer Natur ist.

Es kann in Betracht gezogen werden, dass eine erhöhte Kohlenhydrat- oder Stärkezufuhr im ersten Moment mit einer erhöhten Glukosekonzentration einhergeht, auf die langfristig mit einer erhöhten Insulin- Sensitivität reagiert wird (vgl. Straznicky 1999).

Die „International Table of Glycemic Index“ (Foster- Powell 1995), eine Meta- Analyse verschiedener Studien, gibt den Glykämischen Index (GI) relativ zu Glukose verschiedener Kohlenhydratquellen folgendermaßen an:

Nahrungsmittel	Glykämischer Index
Weißbrot	70 ± 0
Kartoffeln (gekocht)	56 ± 1
Kartoffeln (neu, frisch)	62 ± 7
Kartoffeln (püriert)	70 ± 2
Roggenbrot (gemahlen)	65 ± 2
Roggenbrot (ganze Körner)	50 ± 2
Mischbrot	45 ± 7

Bei der Glukosereaktion auf verschiedene Kohlenhydratquellen konnte in den- allerdings sehr kleinen- Gruppen der Schwangeren mit und ohne Diabetes die Tendenz gezeigt werden, dass Weißbrot und Kartoffeln eine stärkere Reaktion hervorrufen als nichtweiße Brote. Dieses Ergebnis ist im Einklang mit der „International Table of Glycemic Index“.

Die Art der Kohlenhydratquelle scheint also zumindest kurzfristig einen Einfluss auf die Glukosereaktion zu haben.

#### *4.5.2.3 Einfluss der Proteinzufuhr*

Spiller (1987) untersuchte die postprandiale AUC über 120 min nach Gabe mehrerer Mahlzeiten, die verschiedene Disaccharide, sowie eine steigende Menge an Milch- und Sojaproteinen enthielten. Je mehr Eiweiß die Mahlzeiten enthielten, desto geringer waren die Aus.

Ein Zusammenhang zwischen Eiweißzufuhr und den Parametern der postprandialen Glukosemessung konnte bei unseren Probandinnen nicht festgestellt werden. Dies kann zum einen damit zusammenhängen, dass es sich bei uns um eine gemischte Mahlzeit handelte, die nicht nur aus Proteinen und Kohlenhydraten bestand, zum anderen damit, dass es sich nicht um eine standardisierte Mahlzeit handelte.

#### *4.5.2.4 Einfluss der Fettzufuhr*

Latgé (1994) bestimmte die AUC über 5 h nach Konsum einer Mahlzeit, die entweder aus Kohlenhydraten oder aus Kohlenhydraten und Fett bestand. Nach Verzehr der fetthaltigen Mahlzeit war die AUC geringer als nach Verzehr der Mahlzeit, die nur aus Kohlenhydraten bestand.

Dies konnte bei unserer Untersuchung einer gemischten Mahlzeit nicht bestätigt werden.

Es ergaben sich keine Korrelationen zwischen dem Fettgehalt der Mahlzeiten und den Parametern der postprandialen Glukosemessung.

Dies kann wieder damit zusammenhängen, dass es sich nicht um eine kontrollierte Studie, sondern um eine Messung zu häuslichen Bedingungen handelte, bei der die Ernährung stark variierte.

#### *4.5.2.5 Einfluss der Ballaststoffzufuhr*

Bourdon (1998) verabreichte männlichen Probanden zwei ballaststoffreiche und ein ballaststoffarmes Nudelgericht und bestimmte für 6 Stunden die Blutglukosekonzentration. Die AUCs der ballaststoffreichen Mahlzeiten waren höher als die der ballaststoffarmen, in Bezug auf die postprandialen Maximalwerte ergaben sich nur geringe Unterschiede. (s.S. 22).

Bei der von uns untersuchten Mahlzeit ergaben sich keine Zusammenhänge zwischen der Ballaststoffzufuhr und den Parametern der Glukosemessung.

### **4.5.3 Zusammenfassung**

Gestationsdiabetes ist eine Erkrankung des Glukosestoffwechsels in der Schwangerschaft, die im Allgemeinen mit einer Prävalenz zwischen 3 und 13 % auftritt und mit Komplikationen wie fetaler Makrosomie, mütterlicher Hypertonie und Präeklampsie sowie postpartaler kindlicher Hypoglykämie und Hyperbilirubinämie einhergeht.

Die Erkrankung wird größtenteils durch Ernährungstherapie behandelt. Trotzdem gibt es nur sehr wenige Studien, die sich mit dem Einfluss der Ernährung auf den Glukosestoffwechsel Schwangerer beschäftigen. Diese beschränken sich meist darauf, einer kleinen Gruppe an Probandinnen standardisierte Mahlzeiten zu verabreichen und die kurzfristigen Auswirkungen auf den Glukosestoffwechsel zu untersuchen.

In der vorliegenden prospektiven Studie wurden erstmals kontinuierliche Blutzuckertagesprofile bei Schwangeren mit verschiedenen Graden der Glukosetoleranz erstellt und außerdem mit der Ernährung zu häuslichen Bedingungen verglichen. Die Messung dauerte insgesamt 48 h Stunden, während der die Probandinnen ihr alltägliches Leben fortführten.

Dabei ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf den Mittelwert der Messung und die Zeitdauern, in denen Konzentrationen unter 50 mg/dl, über 120 mg/dl, über 140 mg/dl und über 150 mg/dl gemessen wurden. Bei den Gestationsdiabetikerinnen wurden statistisch signifikant länger Konzentrationen über 130 mg/dl gemessen, als bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren.

Bei der periprandialen Auswertung zur Zeit einer Mahlzeit wurden bei den glukosestoffwechselgesunden Schwangeren signifikant niedrigere Maximalwerte im Anschluss an die Mahlzeit gemessen, als bei den Schwangeren mit Gestationsdiabetes oder eingeschränkter Glukosetoleranz. Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Anfangswerte und der Area under the curve die über 90 Min nach der Mahlzeit bestimmt wurde.

Das von uns untersuchte Kollektiv ernährt sich ähnlich wie andere untersuchte Gruppen seines Alters, die nicht schwanger waren. Die Ernährung im untersuchten Kollektiv enthielt prozentual wenig Kohlenhydrate und wenig Ballaststoffe. Wie bei anderen Studien zur Ernährungssituation in Deutschland entsprach die Ernährung im untersuchten Kollektiv damit nicht den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung, die auf die Prävention von ernährungsbedingten Erkrankungen ausgerichtet sind. Die totalen Mengenangaben scheinen kleiner zu sein als bei den Vergleichsstudien, während sich die prozentuale Zufuhr ähnelt. Dies kann durch die gewählte Methodik des selbstgeführten, nichtabgewogenen Ernährungstagebuchs bedingt sein. Es konnte gezeigt werden, dass die diabetischen Schwangeren im Totalen und bezogen auf das Broca- Gewicht weniger Kohlenhydrate zu sich nahmen, als die anderen Gruppen und dass diese zu einem größeren Teil aus Stärke bestanden. Prozentual gesehen nahmen sie auch weniger Fette und mehr

Proteine zu sich, als die glukosestoffwechselgesunden Schwangeren. Dies wird mit der erfolgten Diätberatung und Ernährungsumstellung in Verbindung gebracht.

Es konnte gezeigt werden, dass Zusammenhänge zwischen der Ernährung und den Parametern der kontinuierlichen Glukosemessung bei Schwangeren mit und ohne Diabetes bestehen. Es bestanden in einigen Gruppen positive Korrelationen zwischen der Zufuhr von Disacchariden und den Parametern der Glukosemessung und es bestand in der Gruppe der Gestationsdiabetikerinnen eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Stärkekonsum und dem Mittelwert der Glukosemessung. Nach Mahlzeiten, deren Hauptkohlenhydratquelle mit einem niedrigen glykämischen Index nach Jenkins attribuiert ist, fiel die Glukosereaktion kleiner aus, als bei Mahlzeiten mit hohem glykämischen Index..

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit empfiehlt die Autorin, bei Gestationsdiabetes nicht nur auf den Gehalt, sondern auch auf die Art der Kohlenhydrate und ihre Kohlenhydratquelle zu achten. Es sollte eine Ernährung mit einem hohen Stärkegehalt und einem niedrigen Gehalt an Mono- und Disacchariden empfohlen werden. Außerdem sollten Nahrungsmittel, die mit einem niedrigen glykämischen Index attribuiert sind, bevorzugt werden.

In dieser prospektiven Studie konnte somit erstmals mit Hilfe einer neuen Messtechnik die Verbindung zwischen langfristigem kontinuierlichem 48 h- Blutzuckerprofil und Ernährungsgewohnheiten zu häuslichen- also nicht klinisch- artifiziellen- Bedingungen hergestellt werden.

## **5 Literaturverzeichnis**

- Akhter J, Rahim F, Moosvi S, Rehman A, Jabbar, Islam N, Khan MA: Diabetes in pregnancy in pakistani women: Prevalence and complications in an indigenous south asian community. Diabetic Medicine. 1996, 13, S.189- 191,
- Alberti KGMM, Zimmet PZ for the WHO Consultation: Definition, diagnosis and classification fo diabetes mellitus and its complications, Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. Diabetic Medicine. 1998, 15, S.539- 553,
- Allen LH: Anemia and iron deficiency: Effects om pregnancy outcome. American Journal of clinical Nutrition. 2000, 71, 5, S.1280S- 1284S,
- Allgemeine Ortskrankenkasse: Essen für zwei?- Ernährung für Schwangere und Stillende. Bad Homburg, 1997
- Backx, CJM, Lotgering FK, Cornelis H, Wallenburg S: Oral glucose tolerance test is a poor predictor of hyperglycemia during pragnancy. Journal of Perinatal Medicine. 1989, 17, S.253- 257,
- Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH: Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. Pediatric research. 1990, 27, 2, S.198- 203,

- Barker DJP: The Wellcome Foundation Lecture, 1994. The fetal origins of adult disease. Proceedings of the Royal Society of London. 1995, 262, S.37- 43,
- Barmer Ersatzkasse: Unter Umständen- Essen und Trinken während der Schwangerschaft. Wuppertal, ohne Jahresangabe
- Becerra JE, Khoudry MJ, Cordero JF, Erickson JD: Diabetes mellitus during pregnancy and the risk for specific birth defects: A population- based case- control study. Pediatrics. 1990, 85, 1, S.1- 9,
- Biesalski HK: Comparative assessment of the toxicology of vitamin A and retinoic acid. Toxicology. 1989, 57, S.117- 161,
- Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp N-G: Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. American Journal of clinical Nutrition. 1994, 59, S.699S- 705S,
- Black AE: Physical activity levels from a meta- analysis of doubly labeled water studies for validating energy intake as measured by dietary assessment. Nutritional Reviews. 1996, June , S.170- 74,
- Board der AG Diabetes und Schwangerschaft der DDG 2000/2001 (Schäfer- Graf U, Reiher H, Sorger M, Kleinwechter H, Jähig D): Diagnostik und Therapie des Gestationsdiabetes- Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Diabetes und Schwangerschaft der DDG 2001. Diabetologie- Informationen. 2001, 5, S.157- 165,
- Bode BW, Gross TM, Thornton KR, Mastrototaro JJ: Continuous glucose monitoring used to adjust diabetes therapy improves glycosylated hemoglobin: A pilot study. Diabetes Research and clinical Practice. 1999, 46, S.183- 90,
- Boileau P, Mrejen C, Girard J, Hauguel- de Mouzon S: Overexpression of GLUT3 placental glucose transporter in diabetic rats. Journal of clinical Investigation. 1995, 96, S.309- 317,
- Bor MV, Bor P, Cevik C: Serum fructosamine and fructosamin- albumin ration as screening tests for gestational diabetes mellitus. Archives of Gynecology and Obstetrics. 1999, 262, S.105- 111,
- Bornet FRJ, Billaux MS, Messing B: Glycemic index concept and metabolic diseases. International Journal of biological Macromolecules. 1997, 21, S.207- 19,
- Bourdon I, Yokoyama W, Davis P, Hudson C, Backus R, Richter D, Knuckels B, O'Schneeman B: Postprandial lipid, glucose, insulin, and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with beta- glucan. American Journal of clinical Nutrition. 1999, 69, S.55- 63,
- Buchanan TA, Metzger BE, Freinkel N, Bergman RN: Insulin sensitivity and B- cell responsiveness to glucose during late pregnancy in lean and moderately obese women with normal glucose tolerance or mild gestational diabetes. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1990, 162, S.1008- 14,
- Buchanan TA, Metzger BE, Freinkel N: Accelerated starvation in late pregnancy: A comparison between obese women with and without gestational diabetes mellitus. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1990, 162, S.1015- 20,
- Bühling KJ, Eelze L, Henrich W, Stein U, Dudenhausen JW: Wertigkeit der Glukosurie zur Detektion des Gestationsdiabetes . Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie. 2001, 205, Supplement, S.97,
- Bühling KJ: Evaluation des 50 g- Glukose- Screeningtests in der Schwangerschaft- Eine prospektive Studie an 1416 Schwangeren unter Berücksichtigung der Nahrungsanamnese, Dissertation. 1. Hamburg, 1997
- Bühling,KJ, Wäscher C, Bergmann R, Dudenhausen JW: Gestationsdiabetes- Ernährung in der Schwangerschaft. Hamburg, 2000
- Butte, NF: Carbohydrate and lipid metabolism in pregnancy: Normal compared with gestational diabetes. American Journal of clinical nutrition. 2000, 71, 5, S.1256S- 61S,
- Carpenter MW, Coustan DR: Criteria for screening tests for gestational diabetes. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1982, 144, S.768- 773,
- Carr SR: Screening for gestational diabetes mellitus. A perspective in 1998. Diabetes Care. 1998, 21 Supplement 2, S.Fehl!!!!,
- Casey BM, Lucas ML, McIntire DD, Leveno KJ: Pregnancy outcomes in women with gestational diabetes compared with the general obstetric population. Obstetrics and Gynecology. 1997, 90, 6, S.869- 73,

- Catalano PM, Tyzbir ED, Roman NM, Amini SB, Sims EAH: Longitudinal changes in insulin release and insulin resistance in nonobese pregnant women. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1991, 165, S.16667- 72,
- Catalano PM, Tyzbir ED, Wolfe RR, Calles J, Roman NM, Amini SB, Sims EAH: Carbohydrate metabolism during pregnancy in control subjects and women with gestational diabetes. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*. 1993, 27, S.E60- E67,
- Catalano PM, Tyzbir ED, Wolfe RR, Roman NM, Amini SB, Sims EAH: Longitudinal changes in basal hepatic glucose production and suppression during insulin infusion in normal pregnant women. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1992, 167, S.913- 19,
- Challier C, Hauguel S, Desmaizieres V: Effect of insulin on glucose uptake and metabolism in the human placenta. *Journal of clinical Endocrinology and Metabolism*. 1986, 62, 5, S.803- 807,
- Chertow BS, Blazer WS, Baranetzky NG, Sivitz WI, Cordle MB, Thompson D: Effects of vitamin A deficiency and repletion on rat insulin secretion in vivo and in vitro from isolated islets. *Journal of clinical Investigation*. 1987, 79 (1), S.163- 69,
- Clapp JF: Effect of dietary carbohydrate on the glucose and insulin response to mixed caloric intake and exercise in both nonpregnant and pregnant women. *Diabetes Care*. 1998, 21, *Supplement 2*, S.B107- B112,
- Cooper MB, Tan KCB, Hales CN, Betteridge DJ: Postprandial lipid metabolism and beta- cell function in non- insulin- dependent (Type 2) diabetes mellitus after a mixed meal with a high fat content. *Diabetic Medicine*. 1996, 13, S.816- 27,
- Couch SC, Philipson EH, Bendel RB, Wijendran V, Lammi- Keefe CJ: Maternal and cord plasma lipid and lipoprotein concentrations in women with and without gestational diabetes mellitus: Predictors of birth weight?. *Journal of reproductive Medicine*. 1998, 43, S.816- 22,
- Cousins L, Dattel BJ, Hollingworth DR, Zettner A: Glycosylated hemoglobin as a screening test for carbohydrate intolerance in pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1984, 150, S.455- 460,
- Cousins L: Insulin sensitivity in pregnancy. *Diabetes*. 1991, 40 *Supplement 2*, S.39- 43,
- Daly ME, Vale C, Walker M, Littlefield A, Alberti KGMM, Mathers JC: Acute effects on insulin sensitivity and diurnal metabolic profiles of a high- sucrose compared with a high- starch diet. *American Journal of clinical Nutrition*. 1998, 67, S.1186- 96,
- Damm P, Kühl C, Hornnes P, Molsted- Pedersen L: A longitudinal study of plasma insulin and glucagon in women with previous gestational diabetes. *Diabetes Care*. 1995, 18, 5, S.654- 65,
- de Arcos F, Castelo- Branco C, Casals E, Sanllehy C, Cararach V: Normal and gestational diabetic pregnancies: Lipids, lipoproteins and apolipoproteins. *Journal of reproductive Medicine*. 1998, 43, S.144- 48,
- de Veciana M: Glucose monitoring in women with insulin requiring gestational diabetes mellitus. *Diabetes/ Metabolism Reviews*. 1998, 14, S.S25- S30,
- Deutsche Diabetes Gesellschaft: Diagnostik und Therapie des Gestationsdiabetes. Richtlinien der Deutschen Diabetes Gesellschaft. Bremen, 1992
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage Frankfurt, 2000
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Ernährungsbericht 1996. 1. Auflage Frankfurt, 1996
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Ernährungsbericht 2000. 1. Auflage Frankfurt, 2000
- Dietrich K (Hrsg.): Gynäkologie und Geburtshilfe. 1. Auflage Berlin, Heidelberg, New York, 2000
- Dozio N, Burette A, Belloni C, Castaglioni M, Rosa S, Bosi E, Bonifacio E: Low prevalence of islet autoantibodies in patients with gestational diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 1997, 20, 1, S.81- 83,
- Drewk C, Bühlhng KJ, Stein U, Siebert G, Dudenhausen JW: Vergleich der Validität von sechs verschiedenen Blutzuckermessgeräten für den 50 g Glucose- Screeningtest bei Schwangeren. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie*. 2001, 205, *Supplement*, S.98,
- Drewk C: Dissertation, unveröffentlichtes Manuskript, persönliche Mitteilung. 2001
- Durnin JVG: Energy requirements of pregnancy. *Diabetes*. 1991, 40, *Supplement 2*, S.152- 56,



- Eelze L: Dissertation, unveröffentlichtes Manuskript, persönliche Mitteilung. 2001
- Emancipator K: Laboratory diagnosis and monitoring of diabetes mellitus. American Journal of Clinical Pathology. 1999, 112, S.657- 664,
- Engelgau MM, Rgerman RR, Herman WH, Smith PJ, Aubert RJ: The epidemiology of diabetes and pregnancy in the U.S., 1988. Diabetes Care. 1995, 7, S.1029- 1033,
- Eschenauer D, Knüllenberg B, Giese- Seip A, Weber M, Anemueller H: Ratgeber Schwangerschaft und Stillzeit. Oberursel, ohne Jahresangabe
- Feige A, Mitzkat HJ, Jakobitz K: Untersuchungen zum Einfluss der Schwangerschaft auf den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel der Mutter- Teil 1: Die Kinetik einzelner Parameter des Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsels sowie verschiedener Hormone in Abhängigkeit vom Schwangereschaftsalter. Zeitschrift für Geburtshilfe und Perinatalmedizin. 1984, 188, S.136- 142,
- Figueroa R, Martinez E, Fayngersh RP, Tejani N, Mohazzab-H KM, Wolin MS: Alterations in relaxation to lactate and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in human placental vessels from gestational diabetic pregnancies. American Journal of Physiology, Heart and Circulation Physiology. 2000, 278, S.H706- H713,
- Forschungsinstitut für Kinderernährung Dortmund: Empfehlungen für die Ernährung von Mutter und Kind- Wissenswertes für Schwangerschaft und Stillzeit. Dortmund, 1996
- Foster- Powell K, Miller JB: International tables of glycemic index. American journal of clinical Nutrition. 1995, 62, S.871S- 893S,
- Freinkel N, Metzger BE, Phelps RL, Dooley SL, Ogata ES, Radvany RM, Belton A: Gestational diabetes mellitus: Heterogeneity of maternal age, weight, insulin secretion, HLA antigens, and islet cell antibodies and the impact of maternal metabolism on pancreatic B- cell and somatic development in the offspring. Diabetes. 1985, 34, *Supplement* , S.1- 7,
- Freinkel N: Banting Lecture 1980: Of pregnancy and progeny. Diabetes. 1980, 29, S.1023- 35,
- Füessl HS: Laboratoriumsdiagnostik und Referenzbereiche. Hrsg.: Baenkler HW (et al.): Innere Medizin. Stuttgart, 2001
- Gaither K, Quraishi AN, Illsley NP: Diabetes alters the expression and activity of the human placental GLUT1 glucose transporter. Journal of clinical Endocrinology and Metabolism. 1999, 84, 2, S.695- 701,
- Garner PR, D'Altom ME, Dudley DK, Huard P, Hardie M: Preeclampsia in diabetic pregnancies. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1990, 163, 2, S.505- 8,
- Garvey WT, Maianu L, Zhu JH, Hancock JA, Golichowski AM: Multiple defects in adipocyte glucose transport system cause cellular insulin resistance in gestational diabetes, heterogeneity in the number and a novel abnormality in subcellular localization of GLUT4 glucose transporters. Diabetes. 1993, 42, S.1773- 85,
- Giebel W, Galic M: Die medizinische Doktorarbeit. 4. Auflage Stuttgart, Berlin, Köln, 2000
- Gordon MC, Zimmermann PD, Landon MB, Gabbe SG, Kniss DA: Insulin and glucose modulate glucose transporter messenger ribonucleic acid expression and glucose uptake in trophoblasts isolated from first- trimester chorionic villi. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1995, 173, S.1089- 97,
- Green, JR, Pawson IG, Schumacher LB, Perry JB, Kretchmer N: Glucose tolerance in pregnancy: Ethnic variation and influence of body habitus. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1990, 163, S.86- 92,
- Griffin ME, Coffey M, Johnson H, Scanlon P, Foley M, Stronge J, O'Meara NM, Firth RJ: Universal vs. risk factor- based screening for gestational diabetes mellitus: detection rates, gestation at diagnosis and outcome. Diabetic Medicine. 2000, 17, S.26- 32,
- Hadden, DR: Geographic, ethnic, and racial variations in the incidence of gestational diabetes. Diabetes. 1985, 34, *Supplement 2*, S.8- 12,
- Hahn T, Barth S, Weiss U, Mosgoeller W, Desoye G: Sustained hyperglycaemia in vitro down-regulates the GLUT1 glucose transport system of cultured human term placental trophoblast: A mechanism to protect fetal development?. The FASEB Journal. 1998, 12, S.1221- 31,
- Hahn T, Hahn D, Blaschitz A, Korgun ET, Desoye G, Dohr G: Hyperglycaemia- induced subcellular redistribution of GLUT1 glucose transporter in cultured human term placental trophoblast cells. Diabetologia. 2000, 43, S.173- 180,

- Herrera E, Lasuncion MA, Palacin M, Zorzano A, Bonet B: Intermediary metabolism in pregnancy: First theme of the Freinkel era. *Diabetes*. 1991, 40, *Supplement 2*, S.83- 88,
- Holtschlag DJ, Cannon MC, Nuttall FQ: State- space models of insulin and glucose responses to diets of varying nutrient content in men and women. *Journal of applied Physiology*. 1998, 85, 3, S.935- 45,
- Hughes PF, Agarwal M, Newman P, Morrison J: An Evaluation of fructosamine estimation in screening for gestational diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*. 1995, 12, S.708- 712,
- Hüsler J, Zimmermann H: Statistische Prinzipien für medizinische Projekte. 2. Auflage Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 1996
- Infosystem Ernährung, Uni Hohenheim: Ernährung der Schwangeren. [http:// www.uni-hohenheim.de/~wwwin140/info/hinweise/allg.htm](http://www.uni-hohenheim.de/~wwwin140/info/hinweise/allg.htm), 30.08.2000, 16:20
- Jacobson JD, Cousins L: A population- based study of maternal and perinatal outcome in patients with gestational diabetes. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1989, 161, S.981- 86,
- Jansson T, Wennergren M, Illsley NP: Glucose transporter protein expression in human placenta throughout gestation and in intrauterine growth retardation. *Journal of clinical Endocrinology and Metabolism*. 1993, 77, 6, S.1554- 62,
- Järvi AE, Karlström BE, Granfeldt YE, Björck IME, Vessby BOH, Asp N-GL: The influence of food structure on postprandial metabolism in patients with non- insulin- dependent diabetes mellitus. *American Journal of clinical Nutrition*. 1995, 61, S.837- 42,
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH: Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of clinical Nutrition*. 1981, 33, S.760- 65,
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Vuksan V, Brighenti F, Cunnane SC, Rao V, Jenkins AL, Buckley G, Patten R, Singer W, Corey P, Josse RG: Nibbling versus gorging: Metabolic advantages of increased meal frequency. *New England Journal of Medicine*. 1989, 321, 14, S.929- 34,
- Joffe GM, Esterlitz JR, Levine RJ, Clemens JD, Ewell MG, Sibai BM, Catalano PM for the Calcium for the Preeclampsia Prevention (CPEP) Study Group: The relationship between abnormal glucosetolerance and hypertensive disorders of pregnancy in healthy nulliparous women. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1998, 179, S.1032- 37,
- Jovanovic L, Peterson CM: Screening for gestational diabetes. Optimum timing and criteria for retesting. *Diabetes*. 1985, 34 *Supplement 2*, S.21- 23,
- Jovanovic- Peterson L, Peterson CM: Review of gestational diabetes mellitus and low- calorie diet and physical exercise as therapy. *Diabetes/ Metabolism Reviews*. 1996, 12, 4, S.287- 308,
- Kalhan SC, D'Angelo LA, Adam PAJ: Glucose production in pregnant women at term gestation: Sources of glucose for human fetus. *Journal of clinical Investigation*. 1979, 63, S.388- 94,
- Kalkhoff RK, Jacobson M, Lemper D: Progesterone, pregnancy and the augmented plasma insulin response. *Journal of clinical Endocrinology*. 1970, 31, 24, S.24- 28,
- Kasper, H: Ernährungsmedizin und Diätetik. 9. Auflage München, Jena, 2000
- King H: Epidemiology of glucose intolerance and gestational diabetes in women of childbearing age. *Diabetes Care*. 1998, 21, *Supplement 2*, S.B9- B13,
- King JC: Assessment of nutritional status in pregnancy 1. *American Journal of clinical Nutrition*. 1981, 34, S.685- 696,
- Koukkou E, Taub N, Jackson P, Metcalfe G, Cameron M, Lowy C: Difference in prevalence of gestational diabetes and perinatal outcome in an innercity multiethnic London population. *European Journal of Obstetrics, Gynecology and reproductive Biology*. 1995, 59 (2), S.153- 157,
- Kousseff BG: Gestational diabetes mellitus (Class A): A human teratogen?. *American Journal of Medical Genetics*. 1999, 83, S.402- 408,
- Kühl C: Etiology and pathogenesis of gestational diabetes. *Diabetes Care*. 1998, 21, *Supplement 2*, S.B19- B26,
- Kühl C: Glucose metabolism during and after pregnancy in normal and gestational diabetic women. *Acta Endocrinologica*. 1975, 79, S.709- 19,
- Kühl C: Insulin secretion and insulin resistance in pregnancy and GDM: Implications for diagnosis and management. *Diabetes*. 1991, 40 *Supplement 2*, S.18- 24,

- Kurzidim B, Bühling KJ, Wolf C, Ilıc S, Wohlfarth K, Mahmoudi M, Dudenhausen JW: Vergleich des regulären Blutzuckertagesprofils mit dem kontinuierlichen Blutzuckertagesprofil (CGMS, Minimed) in der Schwangerschaft. *Diabetes und Stoffwechsel*. 2001, 10, Supplement 1, S.83,
- Langer O, Kozłowski S, Brustman L: Abnormal growth patterns in diabetes in pregnancy: A longitudinal study. *Israel Journal of Medical Sciences*. 1991, 27, S.516- 523,
- Larsson H, Elmstahl S, Berglund G, Åhrén B: Habitual dietary intake versus glucose tolerance, insulin sensitivity and insulin secretion in postmenopausal women. *Journal of internal Medicine*. 1999, 245, S.581- 91,
- Latgé C, Thouvenot P, Kedzierewicz F: The influence of a lipid loading on gastric emptying and glycemia. *American Journal of clinical Nutrition*. 1994, 59 Supplement, S.782S,
- Le Floch JP, Baudin E, Escuyer E, Wirquin E, Nillus P, Perlemuter L: Influence of non- carbohydrate foods on glucose and insulin responses to carbohydrates of different glycemic index in type 2 diabetic patients . *Diabetic Medicine*. 1992, 9, S.44- 48,
- Le Floch J-P, Escuyer P, Baudin E, Baudon D, Perlemuter L: Blood glucose area under the curve: Methodological aspects . *Diabetes Care*. 1990, 13, 2, S.172- 75,
- Le Floch JP, Perlemuter L: Index glycémique des aliments. *La Presse médicale*. 1992, 21, 43, S.2097- 2103,
- Löffler G, Petrides PE: *Biochemie und Pathobiochemie*. 5. Auflage Berlin, Heidelberg, New York, 1997
- Malherbe C, de Gasparo M, de Hertogh R, Hoet JJ: Circadian variations of blood sugar and plasma insulin levels in men. *Diabetologia*. 1969, 5, S.397- 404,
- Martius (Hrsg.): *Lehrbuch der Gynäkologie und Geburtshilfe*. 2. Auflage Stuttgart, 1996
- Mastrototaro J: The MiniMed continuous glucose monitoring system (CGMS). *Journal of pediatric Endocrinology and Metabolism*. 1999, 12, S.751- 58,
- Mauricio D, Balsells M, Morales J, Corcoy R, Puig- Domingo M, de Leiva A : Islet cell autoimmunity in women with gestational diabetes and risk of progression to insulin- dependent diabetes mellitus. *Diabetes/ Metabolism Reviews*. 1996, 12, 4, S.275- 285,
- Mazze RS: Treatment of glucose intolerance in pregnancy: Staged diabetes management. *International Journal of clinical Pharmacology, Therapy and Toxicology*. 1993, 31, 10, S.497- 505,
- McFarland MB, Langer O, Conway DL, Berkus MD: Dietary therapy for gestational diabetes: How long is long enough?. *Obstetrics and Gynecology*. 1999, 93, 6, S.978- 82,
- McMahon MJ, Ananth CV, Liston RM: Gestational diabetes mellitus: Risk factors, obstetric complications and infant outcomes . *The Journal of reproductive Medicine*. 1998, 43, S.372- 378,
- Mertz W, Tsui JC, Judd JT, Reiser S, Hallfrisch J, Morris ER, Steele PD, Lashley E: What are people really eating? The relation between energy intake derived from estimated diet records and intake determined to maintain body weight . *American Journal of clinical Nutrition*. 1991, 54, S.291- 95,
- Mestman, JH, Anderson GV, Barton P: Carbohydrate metabolism in pregnancy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1971, 109, S.41- 45,
- Metzger BE, Coustan DR (Eds.): *Proceedings of the fourth international workshop- conference on gestational diabetes mellitus*. *Diabetes Care*. 1998, 21 Suppl. 2, S.B1- B167,
- Modanlou HD, Dorchester WL, Thorosian A, Freeman RK: Macrosomia- Maternal, fetal, and neonatal implications. *Obstetrics and Gynecology*. 1980, 55, 4, S.420- 424,
- Murphy NJ, Meyer BA, O'Kell -RT, Hogard ME: Carbohydrate sources for gestational diabetes mellitus screening. A comparison. *The Journal of Reproductive Medicine*. 1994, 39, S.977- 981,
- Nasrat HA, Ajabnoor MA, Ardawi MSM: Fructosamine as a screening- test for gestational diabetes mellitus: A reappraisal. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 1990, 34, S.27- 33,
- National Diabetes Data Group: Classification and diagnosis of diabetes mellitus and other categories of glucose intolerance. *Diabetes*. 1979, 28, S.1039- 1057,
- Nielsen JH, Nielsen V, Pedersen LM, Deckert T: Effect of pregnancy hormones on pancreatic islets in organ cultures. *Acta Endocrinologica*. 1986, 111, S.336- 341,
- Nielsen JH, Nielsen V, Pedersen LM, Deckert T: Effects of pregnancy hormones on pancreatic islets in organ culture. *Acta Endocrinologica*. 1986, 111, S.336- 41,

- Nielsen JH: Effect of growth hormone, prolactin, and placental lactogen on insulin content and release, and deoxyribonucleic acid synthesis in cultured pancreatic islets. *Endocrinology*. 1982, *110*, S.600- 606,
- Nordlander E, Hanson U, Persson B: Factors influencing neonatal morbidity in gestational diabetic pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1989, *96*, S.671- 678,
- Ogura K, Sakata M, Yamaguchi M, Kurachi H, Murata Y: High concentration of glucose decreases glucose transporter-1 expression mouse placenta in vitro and in vivo. *Journal of Endocrinology*. 1999, *160*, S.443- 452,
- Ortega RM, Gaspar MJ, Moreiras O: Dietary assessment of a pregnant Spanish women group. *International Journal of Vitamin and nutrition research*. 1994, *64*, S.130- 34,
- O'Sullivan JB, Mahan CM, Charles D, Dandrow RV: Screening criteria for high- risk gestational diabetic patients. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1973, *116*, 7, S.895- 900,
- O'Sullivan JB, Mahan CM: Criteria for the oral glucose tolerance test in pregnancy. *Diabetes*. 1964, *13*, S.278- 85,
- Parretti E, Mecacci F, Papini M, Cioni R, Carignani L, Mignosa M, la Torre P, Mello G: Third- trimester maternal glucose levels from diurnal profiles in nondiabetic women- correlation with sonographic parameters of fetal growth. *Diabetes Care*. 2001, *24*, S.1319- 23,
- Pedersen LM, Tygstrup I, Pedersen J: Congenital malformations in newborn infants of diabetic women. *The Lancet*. 1964, *23*, S.1124- 1126,
- Peterson CM, Jovanovic- Peterson L: Percentage of carbohydrate and glycemic response to breakfast, lunch, and dinner in women with gestational diabetes. *Diabetes*. 1991, *40*, *Supplement 2*, S.172- 74,
- Pettitt DJ, Bennett PH, Saad MF, Charles MA, Nelson RG, Knowler WC: Abnormal glucose tolerance during pregnancy in Pima indian women: Long- term effects on offspring. *Diabetes*. 1991, *40*, *Supplement 2*, S.126- 30,
- Quester W, Petzoldt R: Erfassung der prä- und postprandialen Hyperglykämie in der Schwangerschaft durch Einsatz eines Glukose- Sensors. *Diabetes und Stoffwechsel*. 2001, *10*, *Supplement 1*, S.83,
- Rebrin K, Steil G, van Antwerp WP, Mastrototaro JJ: Accuracy of interstitial glucose measurements by subcutaneous glucose sensors in humans. *Hormon Metabolism Research*. 1998, *30*, S.A8,
- Riumallo JA, Schoeller D, Barrera G, Gattas V, Uauy R: Energy expenditure in underweight free- living adults: Impact of energy supplementation as determined by doubly labeled water and indirect calorimetry. *American Journal of clinical Nutrition*. 1989, *49*, S.239- 46,
- Roberts AB, Baker JR, Court DJ, James AG, Henley P, Ronayne ID: Fructosamine in diabetic pregnancy. *The Lancet*. October 29, 1983, S.998- 1000,
- Rodrigues S, Robinson EJ, Ghezzi H, Gray- Donald K: Interaction of body weight and ethnicity on risk of gestational diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1999, *70*, S.1083- 1089,
- Sacks DA, Greenspoon JS, Fotheringham N: Could the fasting plasma glucose assay be used to screen for gestational diabetes?. *Journal of Reproductive Medicine*. 1992, *37*, No. 11, S.907- 909,
- Schoeller DA: How accurate is self- reported dietary energy intake?. *Nutrition Reviews*. 1990, *48*, 10, S.373- 379,
- Scholl TO, Johnson WG: Folic acid: influence on the outcome of pregnancy. *American Journal of clinical Nutrition*. 2000, *71*, 5, S.1295S- 1303S,
- Sepe SJ, Connell FA, Geiss LS, Teutsch SM: Gestational diabetes: Incidence, maternal characteristics and perinatal outcome. *Diabetes*. 1985, *34* *Supplement 2*, S.13- 16,
- Sermer M, Naylor CD, Gare DJ, Kenshole AB, Ritchie JWK, Farine D, Cohen HR, McArthur K, Holzapfel S, Biringier A, Chen E: Impact of increasing carbohydrate intolerance on maternal- fetal outcomes in 3637 women without gestational diabetes. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 1995, *173*, S.146- 56,
- Shively CA, Apgar JL, Tarka SM: Postprandial glucose and insulin responses to various snacks of equivalent carbohydrate content in normal subjects. *American Journal of clinical Nutrition*. 1986, *43*, S.335- 42,
- Sorenson RL, Brelje TC, Roth C: Effects of steroid and lactogenic hormones on islets of Langerhans: A new hypothesis for the role of pregnancy steroids in the adaptation of islets to pregnancy. *Endocrinology*. 1993, *133*, S.2227- 34,

- Spiller GA, Jensen CD, Pattison TS, Chuck CS, Whittam JH, Scalda J: Effect of protein dose on serum glucose and insulin response to sugars. *American Journal of clinical Nutrition*. 1987, 46, S.474- 80,
- Stangenberg M, Persson B, Nordlander E: Random capillary blood glucose and conventional selection criteria for glucose toerance testing during pregnancy. *Diabetes Research*. 1985, 2, S.29- 33,
- Sternberg F, Meyerhoff C, Mennel FJ, Mayer H, Bischof F, Pfeiffer EF: For debate: Does fall in tissue glucose precede fall in blood glucose?. *Diabetologia*. 1996, 39, S.609- 12,
- Stoll W, Honegger C, Sander Markulin G: Ernährung in Schwangerschaft und Stillzeit. 2. Stuttgart, 1998
- Straznicky NE, O'Claghan CJ, Barrington VE, Louis WJ: Hypotensive effect of low- fat, high- carbohydrate diet can be independent of changes in plasma insulin concentrations. *Hypertension*. 1999, 34, S.580- 85,
- Stryer, L: Biochemie. 4. Heidelberg, Berlin, Oxford, 1996
- Suhonen L, Teramo K: Hypertension and pre- eclampsia in women with gestational glucoes intolerance. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*. 1993, 72, S.269- 272,
- Thomas CR, Eriksson GL, Eriksson UJ: Effects of maternal diabetes on placental transfer of glucose in rats. *Diabetes*. 1990, 39, S.276- 282,
- Todd M, Bode BW, Einhorn D, Kayne DM, Reed JH, White NH, Mastrototaro JJ: Performance evaluation of the MiniMed continuous glucose monitoring system during patient hjome use. *Diabetes Technology and Therapeutics*. 2000, 2,1, S.49- 66,
- Todd M, Gross TM, Bode BW, Einhorn D, Kayne DM, Reed JH, White NH, Mastrototaro JJ: Performance evaluation of the MiniMed continuous glucose monitoring system during patient home use. *Diabetes Technology and Therapeutics*. 2000, 2,1, S.k.A.,
- Too D, Wakayama EJ, Locath LL, Landwer GE: Effect of precomposition bodybuilding diet and training regimen on body composition and blood chemistry. *Journal of Sports Medicine and physical Fitness*. 1998, 38, 3, S.245- 252,
- Trippo U: Körperbau, Körperzusammensetzung und Ernährungsgewohnheiten bei Erwachsenen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht, Dissertation. 1. Potsdam, 2000
- Van Assche FA, Holemans K, Aerts L: Fetal growth and consequences for later life. *International Journal of Perinatal Medicine*. 1998, 26, S.337- 346,
- Vitoratos N, Salamaleksi P, Bettas P, Kalabokis D, Chrisikopoulos A: Which is the threhold glyucose value for further investigation in pregnancy?. *Clin Exp Obst & Gyn*. 1997, 24, S.171- 73,
- Voigt M, Schneider KTM, Jährig K: Analyse des Geburtengutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland- Teil 1: Neue Perzentilwerte für die Körpermasse von Neugeborenen. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*. 1996, 56, S.550- 558,
- Wang Y, Storlien LH, Jenkins AB, Tapsell LC, Jin Y, Pan JP, Shao YF, Calvert GD, Moses RG, Shi HL, Zhu XX: Dietary variables and glucose tolerance in pregnancy. *Diabetes Care*. 2000, 23, 4, S.460- 64,

## Eidesstattliche Erklärung

Diese Dissertation wurde von mir selbst und ohne die Hilfe Dritter verfasst, sie stellt auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dar und die benutzten Hilfsmittel sowie die Literatur sind vollständig angegeben.

Kathrin Wohlfarth

## **Danksagung**

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich bei der Arbeit an meiner Dissertation unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt

den Frauen die sich als Probandinnen zur Verfügung gestellt haben. Ohne ihre Mitarbeit wäre diese Studie nicht möglich gewesen.

meinen Mitdoktorandinnen Mandana Mamouhdi und Barbara Kurzidim für die gute Zusammenarbeit.

Frau Stein und Frau Konakowski aus dem Labor der Schwangerenberatung für die Einweisung in die Glukosebestimmung, die Hilfe bei der Rekrutierung der Probandinnen und manch nettes Gespräch.

Frau Döring aus der Diätberatung für die Möglichkeit mit der Software PRODI expert zu arbeiten und viele Informationen zum Thema „Diätberatung bei Gestationsdiabetes“.

Prof. Wernecke und seinen Mitarbeiterinnen Frau Dipl.- Math. Siebert und Frau Dipl.- Math. Schink aus dem Institut für medizinische Biometrie und Herrn Dipl.- Phys. Pachaly aus der Klinik für Geburtsmedizin für ihre Hilfe bei statistischen Problemen.

dem Photographen Herrn Wolf Gutbier aus der Klinik für Geburtsmedizin für Photographien und Hilfe bei der Bearbeitung einiger Abbildungen.

Elke Brehm und Joscha Kühne für das Korrekturlesen und die moralische Unterstützung.

Gerhard Kühne für die freundschaftliche Hilfe bei der Berechnung der AUC.

Dr. med. K.J. Bühling für die Betreuung dieser Arbeit und die viele Zeit, die er sich nahm, um sie immer wieder zu diskutieren.

Prof. Dr. med. J.W. Dudenhausen für die Überlassung des Themas.

meinen Eltern Achim und Ellen Wohlfarth für die großzügige finanzielle und kritische ideelle Unterstützung meiner Studien.

## **Lebenslauf**

16. 12. 1977

Geboren in Münsingen (Baden- Württemberg)

Aufgewachsen in Dettingen an der Erms

1997		Abitur am Graf- Eberhard- Gymnasium in Bad Urach
1997-	1998	Europäischer Freiwilligendienst in einer Einrichtung für geistig behinderte Erwachsene in Haguenau, Frankreich
März	1998	Immatrikulation an der medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin
März	2000	Ärztliche Vorprüfung
Juli	2000	Beginn der Arbeit an der Dissertation in der Klinik für Geburtsmedizin des Virchow- Klinikums der Charité in Berlin
August	2001	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2001-	2002	Studium an der medizinischen Fakultät Pitié- Salpêtrière der Université Pierre et Marie Curie in Paris, Frankreich
April	2003	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
November	2004	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und Approbation